

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos arcillosos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros de la ciudad de Chiclayo

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

Ellar Alexander Cotrina Vasquez

ASESOR

Juan Merino Roncero

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

Chiclayo, 2024

Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos arcillosos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros de la ciudad de Chiclayo

PRESENTADO POR

Ellar Alexander Cotrina Vasquez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Ángel Alberto Lorren Palomino
PRESIDENTE

Ronald Esteban Villanueva Maguiña
SECRETARIO

Juan Merino Roncero
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, Margarita Vásquez Marín y Apolinar Cotrina Tamay por haberme forjado como la persona que soy, por enseñarme valores y principios, a ver tenido el sacrificio realizado para brindarme una educación superior y por todos sus consejos, además, por ser mi mayor inspiración en el día a día, así mismo, por haber confiado y creído en mí desde el primer instante que comencé esta carrera. A mi hermana y me pareja, por el apoyo incondicional brindado y por ser otro de mis motivos para no haberme rendido durante este proceso.

Agradecimientos

En primera instancia, agradecido con Dios por brindarme salud y perseverancia para culminar esta tesis. Un agradecimiento a los ingenieros pertenecientes a la escuela profesional de ingeniería civil ambiental, por sus sugerencias y recomendaciones aportadas.

A mi asesor, el ing. Juan Merino Roncero, por el tiempo, paciencia, sugerencias y apoyo, resaltando su alto profesionalismo y conocimiento en el área de interés. Así mismo, a todas las personas como familiares y amigos que me dieron ese ánimo para desarrollar esta investigación.

TESIS 95%

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.miga.org Fuente de Internet	1%
5	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
8	kupdf.net Fuente de Internet	1%
9	www.scribd.com Fuente de Internet	1%

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
REVISIÓN DE LITERATURA	17
ANTECEDENTES	17
ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
ANTECEDENTES NACIONALES	18
ANTECEDENTES LOCALES	19
BASES LEGALES	20
BASES TEÓRICAS	24
SUELOS	24
SUELOS ARCILLOSOS	24
ENSAYOS DE LABORATORIO	29
CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO	35
CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	37
SUBRASANTE	39
CONCHA DE ABANICO	41
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	43
MATERIALES Y MÉTODOS	44
TIPO DE ESTUDIO	44
NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	44
POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO DE ESTUDIO	45
POBLACIÓN	45
MUESTRA	45
MUESTREO DE ESTUDIO	45
HIPÓTESIS	46
VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	48
VARIABLES	48
OPERACIONALIZACIÓN	48
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
PROCEDIMIENTO	50
EJECUCIÓN DE CALICATAS	50
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	57
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	58
ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	59
ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD	60
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	61
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)	62

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X PARA CONCHAS DE ABANICO	63
PROCESO DE OBTENCIÓN DE AGREGADOS DE BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO.....	64
ELABORACIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES	68
PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	72
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
RESULTADOS.....	74
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS NATURALES DE SUBRASANTES ARCILLOSAS	74
CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS CALCAREOS (BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO).....	80
ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SUELO MÁS RC	80
DISCUSIÓN	88
MUESTRAS NATURALES DE SUBRASANTES ARCILLOSAS	88
BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO.....	93
MUESTRAS EXPERIMENTALES: SUELO MÁS RC	93
SELECCIÓN DE LA COMBINACIÓN FAVORABLE Y DESFAVORABLE	111
EVALUACIÓN ECONÓMICA	114
EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	131
CONCLUSIONES.....	152
RECOMENDACIONES.....	154
REFERENCIAS.....	155
ANEXOS	160
ANEXO 01: DOCUMENTACIÓN.....	160
ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO	163
ANEXO 05: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE BAJO METODOLOGÍA AASHTO 93	175
ANEXO 06: MATRIZ DE LEOPOLD.....	187
ANEXO 07: SUSTENTACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO	190
ANEXO 08: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS	192

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.	27
Tabla 2: Tamices para el análisis granulométrico de suelos.	30
Tabla 3: Factor K para determinar el Límite Líquido en suelos.....	32
Tabla 4: Clasificación de suelos según AASHTO M 145.....	36
Tabla 5: Clasificación de suelos según la SUCS.	38
Tabla 6: Categorías de la subrasante.	39
Tabla 7: Categorías de la subrasante.	39
Tabla 8: Generalidades de la concha de abanico41	41
Tabla 9: Composición Física, Química, Mineralógica de la concha de abanico42	42
Tabla 10: Número de puntos de investigación, según el tipo de vía.45	45
Tabla 11: Operacionalización de las variables en estudio.....48	48
Tabla 12: Cuantificación de aditivo para muestras C-0169	69
Tabla 13: Cuantificación de aditivo para muestras C-0270	70
Tabla 14: Cuantificación de aditivo para cada muestra C-0371	71
Tabla 15: Contenido de humedad en muestras naturales74	74
Tabla 16: Distribución granulométrica por tamizado de muestras naturales.....75	75
Tabla 17: Límites de consistencia de muestras naturales.76	76
Tabla 18: Clasificación de muestras naturales.76	76
Tabla 19: Resultados de prueba proctor modificado en muestras naturales.77	77
Tabla 20: CBR de muestras naturales.78	78
Tabla 21: Resultados de ensayos de laboratorio Balbas de las conchas de abanico.....80	80
Tabla 22: Límites de consistencia en muestras experimentales C-01, C-02,C-03.81	81
Tabla 23: Proctor modificado en muestras experimentales C-01.....82	82
Tabla 24: Proctor modificado en muestras experimentales C-02.83	83
Tabla 25: Proctor modificado en muestras experimentales C-03.84	84
Tabla 26: CBR(%) al 95%M.D.S y 100% M.D.S en muestras experimentales C-01.....85	85
Tabla 27: CBR(%) al 95% M.D.S y 100%M.D.S en muestras experimentales C-02.86	86
Tabla 28: CBR 95% M.D.S Y 100% M.D.S en muestras experimentales C-03.87	87
Tabla 29: Límite líquido (%) en todas las muestras analizadas.93	93
Tabla 30: Límite plástico (%) en todas las muestras analizadas.97	97
Tabla 31: Índice plástico(%) en todas las muestras analizadas.100	100
Tabla 32: OCH (%) en todas las muestras analizadas.....103	103
Tabla 33: M.D.S. (g/cm ³) de todas las muestras analizadas.105	105
Tabla 34: CBR (%) en todas las muestras analizadas al 95% de su M.D.S.107	107
Tabla 35: CBR en todas las muestras analizadas al 100% de su M.D.S.109	109
Tabla 36 ACU: Trazo, replanteo y control topográfico117	117
Tabla 37 ACU: Corte a nivel de subrasante en material suelto.....117	117
Tabla 38 ACU: Eliminación externa de material excedente118	118
Tabla 39 ACU: Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante118	118
Tabla 40 ACU: Estabilización con over (8” – 15”), h=0.30m.119	119
Tabla 41 ACU: Obtención de agregados de RC-Industrial.....120	120
Tabla 42 ACU: MEZCLADO de material natural con estabilizantes para subrasantes en vias e=0.30m (Mejoramiento con. RC + S)120	120
Tabla 43: Presupuesto de estabilización a nivel de subrasante con Over.....121	121
Tabla 44: Presupuesto de estabilización a nivel de subrasante con 40% RC + 60%S.....122	122
Tabla 45 ACU: Imprimación asfáltica.....126	126
Tabla 46 ACU: Carpeta asfáltica en caliente e=10cm (4in).....126	126
Tabla 47 ACU: Subbase granular e=20.00cm (8.0 pulg).....127	127
Tabla 48 ACU: Base granular e=20.00cm (8.0 pulg)127	127
Tabla 49 ACU: Subbase granular e=15cm (6pulg).....128	128
Tabla 50 ACU: Base granular e=15cm (6pulg)128	128
Tabla 51: Presupuesto de estabilización a nivel de proyecto con Over.....129	129
Tabla 52: Presupuesto a nivel de proyecto con 40% RC + 60%S.....130	130

Tabla 53: Resultados obtenidos del análisis por Matriz de Leopold. Fuente: Propia 151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Signos convencionales para perfil de calicatas.....	35
Figura 2: Signos convencionales para perfil de calicatas.	37
Figura 3: Obtención del área del tramo de estudio.	46
Figura 4: Ubicación de las calicatas en el tramo de estudio, Av. La Despensa hasta Antenor Orrego	51
Figura 5: Calicata-01: Intersección Av. La Despensa y Antenor Orrego.....	52
Figura 6: Calicata-02: Intersección Av. La Despensa y Manuel Goicochea.	53
Figura 7: Calicata-03: Intersección Av. La Despensa y Dorado.	53
Figura 8: Perfil estratigráfico calicata 01.....	54
Figura 9: Perfil estratigráfico calicata 02.....	55
Figura 10: Perfil estratigráfico calicata 03.	56
Figura 11: Ensayo de humedad.	57
Figura 12: Ensayo granulometría por tamizado.	58
Figura 13: Ensayo límite líquido.	59
Figura 14: Ensayo límite plástico	60
Figura 15: Ensayo Proctor modificado.	61
Figura 16: Ensayo de CBR. Fuente: Propia.....	62
Figura 17: Muestra de RC y espectrómetro (WDXRF) utilizados.	63
Figura 18: Ubicación del botadero empleado.	65
Figura 19: Botadero atrás del terminal pesquero.	65
Figura 20: Recolección de balbas de conchas de abanico.	66
Figura 21: Balbas de conchas de abanico en sacos de 50 kg.	66
Figura 22: proceso de pulverizado de la concha de abanico.	67
Figura 23: Balbas de concha de abanico pulverizadas.	67
Figura 24: Consideraciones utilizadas para la comparativa económica entre ambas propuestas.	116
Figura 25: Estructura del pavimento para la subrasante estabilizada con over	124
Figura 26: Estructura del pavimento para la subrasante estabilizada con 40%RC + 60%S	125

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Proceso de corroboración de hipótesis.....	47
Gráfica 2: Curva granulométrica por tamizado de muestras naturales.....	75
Gráfica 3: Límites de consistencia de muestras naturales.....	76
Gráfica 4: Curva de compactación de muestras naturales.....	77
Gráfica 5: CBR AL 95% DE LA MUESTRA NATURAL.....	78
Gráfica 6: CBR AL 100% de la muestra natural.....	79
Gráfica 7: Comparación del CBR- Muestras naturales.....	79
Gráfica 8: Límites de consistencia en muestras experimentales C-01.....	81
Gráfica 9: Curvas de compactación de muestras experimentales C-01.....	82
Gráfica 10: Curvas de compactación de muestras experimentales C-02.....	83
Gráfica 11: Curvas de compactación de muestras experimentales C-03.....	84
Gráfica 12: CBR al 95% M.D.S y 100% M.D.S de C-01.....	85
Gráfica 13: CBR al 95% M.D.S y 100% M.D.S de C-02.....	86
Gráfica 14: CBR 95% M.D.S Y 100% M.D.S C-03.....	87
Gráfica 15: Contenido de humedad muestras naturales.....	88
Gráfica 16: Análisis granulométrico – Pasantes a la malla N°200.....	89
Gráfica 17: Índice de plasticidad – muestras naturales.....	90
Gráfica 18: Gravedad específica de muestras naturales.....	91
Gráfica 19: óptimo Contenido de humedad – muestras naturales.....	91
Gráfica 20: Capacidad de soporte – muestras naturales.....	92
Gráfica 21: Límite líquido en muestras de subrasante C-01.....	94
Gráfica 22: Límite líquido en muestras de subrasante C-02.....	95
Gráfica 23: Límite líquido en muestras de subrasante C-03.....	96
Gráfica 24: Límite plástico en muestras de subrasante C-01.....	97
Gráfica 25: Límite plástico en muestras de subrasante C-02.....	98
Gráfica 26: Límite plástico en muestras de subrasante C-03.....	99
Gráfica 27: Índice plástico en muestras de subrasante C-01.....	100
Gráfica 28: Índice plástico en muestras de subrasante C-02.....	101
Gráfica 29: Índice plástico en muestras de subrasante C-03.....	102
Gráfica 30: Óptimo contenido de humedad en muestras de subrasante C-01-C02 Y C-03.....	103
Gráfica 31: Máxima densidad seca en muestras de subrasante C-01, C-02 Y C-03.....	105
Gráfica 32: CBR (95% de la MDS) en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03.....	107
Gráfica 33: CBR (100% de la MDS) en muestras de subrasante C-01.....	109
Gráfica 34: índice de plasticidad en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03.....	111
Gráfica 35: Máxima densidad seca en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03.....	112
Gráfica 36: CBR (%) en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03 Favorable y Desfavorable.....	113
Gráfica 37: CBR (%) en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03 mas favorable y Desfavorable.....	113
Gráfica 38: Identificación de impactos, propuesta: pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con Over.....	149
Gráfica 39: Identificación de impactos, propuesta: pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con 40%RC + 60%.....	150

RESUMEN

El estudio de la presente tesis fue validar la hipótesis que plantea el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos de la Av. La Despensa desde Antenor Orrego hasta Dorado la cual presenta un suelo de baja capacidad de soporte, con un grado de plasticidad alto, siendo este el responsable de generar problemas de transitabilidad en épocas de lluvias, asentamientos a nivel de vereda y hundimientos en la vía con ausencia de pavimento.

Debido a la problemática anterior, se hizo el estudio incorporando agregados provenientes de los residuos calcáreos de las siguientes combinaciones: 20%RC+80%S, 30%RC+70%S, 40%RC+60%S y 50%RC+50%S, Para ello, se experimentó dichos porcentajes en tres muestras: C-01, C-02 y C-03, clasificándose como: CL (Arcillas de baja plasticidad) respectivamente.

Así mismo, en base a los ensayos de laboratorio, se determinó como porcentaje óptimo, el 40%RC+60S%, donde tiene un IP de 19.00%, 20.00% y 19.00% según sea la muestra de suelo, alterándolo en 0.1 a 2.00 veces su valor natural, a su vez, la MDS resultó de 1.98, 1.96 y 1.93 g/cm³ correspondientemente, aumentándola en 0.37 hasta 0.25 veces su valor natural, en tanto, el CBR (95%) obtuvo los valores de 10.12%, 9.52% y 11.10% respectivamente, incrementándose 7 hasta 7.67 veces de su valor inicial. Recategorizándose las tres muestras de subrasantes de pobre a buena.

Finalmente, para la ejecución de pavimento flexible cuya subrasante esté mejorada con 40%RC+ 60%S. se necesitará S/844,145.57 soles por cada 500m, no obstante, esta propuesta disminuye al 61.15 % los impactos que tradicionalmente se generarán.

PALABRAS CLAVE: Suelos arcillosos, subrasante, residuo calcáreo, conchas de abanico, capacidad de soporte.

ABSTRACT

The study of this thesis was to validate the hypothesis that the improvement of the physical-mechanical properties of clayey soils of Av. La Despensa from Antenor Orrego to Dorado presents a soil with low support capacity, with a degree of plasticity. high, this being responsible for generating traffic problems in the rainy season, settlements at sidewalk level and subsidence on the road with no paving.

Due to the above problems, the study was carried out incorporating aggregates from calcareous residues of the following combinations: 20%RC+80%S, 30%RC+70%S, 40%RC+60%S and 50%RC+ 50%S, For this, these percentages were experimented in three samples: C-01, C-02 and C-03, being classified as: CL (Low plasticity clays) respectively.

Likewise, based on laboratory tests, the optimal percentage was determined to be 40%RC+60S%, where it has an IP of 19.00%, 20.00% and 19.00% depending on the soil sample, altering it by 0.1 to 2.00. times its natural value, in turn, the MDS was 1.98, 1.96 and 1.93 g/cm³ correspondingly, increasing it by 0.37 to 0.25 times its natural value, while the CBR (95%) obtained values of 10.12%, 9.52 % and 11.10% respectively, increasing 7 to 7.67 times from its initial value. Recategorizing the three subgrade samples from poor to good.

Finally, for the execution of flexible pavement whose subgrade is improved with 40%RC+ 60%S. S/844,145.57 soles will be needed for every 500m, however, this proposal reduces the impacts that would traditionally be generated to 61.15%.

KEYWORDS: Clay soils, subgrade, calcareous residue, fan shells, bearing capacity.

INTRODUCCIÓN

Internacionalmente, el país vecino de Colombia, se realizaron distintos trabajos, así como actividades que aporten la expansión del sector vial, donde es necesario con urgencia la implementación de vías, ya que se sabe que el problema de transportarse de zonas rurales hacia el centro del país se ve afectado por la condición de su mal estado de las vías, principalmente vías de tercera clase, donde la gran parte de estas no tiene una pavimentación. El país tiene suelos heterogéneos e inconscientes, por lo cual se viene trabajando diversos métodos tales como la estabilización de suelos donde tiene como finalidad en hacer un mejoramiento a sus propiedades físico-mecánicas incorporando distintos productos químicos tales como la sal, cemento, cal, etc. [1]

En los últimos años, el campo de la ingeniería ha dedicado especial interés a proponer soluciones para el problema del deterioro de las vías pavimentadas, coyuntura presente en varios de los países latinoamericanos. En efecto se tiene distintos métodos de estabilización de los suelos, donde la base es mejorar las propiedades físico-mecánicas incorporando productos químicos y naturales. Así mismo el mejoramiento de los suelos es importante ya que es una preocupación para la realización de las actividades de construcción ya que el crecimiento de la urbanización y también de la industrialización. [2]. Por otro lado, los suelos arcillosos son considerados como la causa más común en el deterioro del pavimento, donde estos experimentan cambios en su volumen debido al aumento en su humedad, hinchándose cuando esta incrementa y encogiéndose en épocas de sequía; dichos ciclos de expansión y/o contracción producen deformaciones significativas a nivel de subrasante, provocando a las capas subyacentes y ocasionando el agrietamiento en la estructura del pavimento. [3]

En nuestro país, las vías están bien dañadas por el nivel agua subterránea que se encuentra en la subrasante, de cierto modo estos necesitan mantenimiento, con el tiempo muestran los ahuellamientos y baches causando malestares en la población, puesto que el estado de las vías es deficiente por el decrecimiento de la capacidad de soporte del suelo arcilloso donde se considera que inestable de baja resistencia. Por esa razón se necesita encontrar varias opciones para así tratar de mejorar las propiedades físico-mecánicas y que sea una adecuada caracterización de la subrasante. En nuestro país han efectuado investigaciones viables donde usaron residuos de conchas de abanico en los suelos, incrementado su resistencia, compresibilidad del suelo y disminuyendo su permeabilidad. [4]

En la selva, las vías se encuentran intransitables, por malas condiciones producidas por las lluvias, como sabemos hay suelos arcillosos, por ese motivo causan las demoras, elevados precios de los productos tales que perjudican la economía local. Por eso se planteó una investigación donde se realizó un análisis dirigido a la mejora de las vías, las cuales poseen un contenido de humedad por encima del óptimo, presentando serios problemas en cuanto a su resistencia y deformabilidad. [5]

En relación a la zona costa, pudimos encontrar una tipología de suelos bastante diversa, siendo en gran porcentaje del tipo blando, o sea, limos y arcillas de media a alta plasticidad, caracterizándose por ser bastantes deformables y presentando un estado parcial o plenamente saturado [6]. En el departamento de Lambayeque, corresponde a la región costa, donde está se ha dividido en tres provincias: Provincia de Lambayeque, Ferreñafe y Chiclayo. En la provincia de Chiclayo, según la zonificación geotécnica desarrollada por los ingenieros D. Luna Durán y J. Alba Hurtado, los distritos más afectados frente a suelos arcillosos son: La Victoria y José Leonardo Ortiz, ambos presentan arcillas de media y alta plasticidad en porcentajes de 17% y 76% respectivamente [7], la cual pone en riesgo la estabilidad, por ende, la condición de pavimentos construidos sobre estos suelos. La zona de análisis se encuentra situado en el distrito José Leonardo Ortiz, El cual presenta innumerables inconvenientes en cuanto al estado de sus calles y pistas, pues que, de acuerdo con la Contraloría de la República en el año 2017, el 95% del total de sus vías necesitaban ser rehabilitadas de una forma urgente [8].

Los suelos predominantes ubicados en José Leonardo Ortiz son: arcillas de media y también alta plasticidad, arenas arcillosas, limosas y pobremente graduadas, teniendo un nivel de expansión de sus suelos de media a alta, con una baja capacidad portante, estando en un promedio de 0.50 a 1.00 kg/cm², siendo dichos suelos los más críticos, puesto que se caracterizan por su alta deformabilidad, baja resistencia y alta expansividad, lo que hace que ocasiona problemas en el proceso constructivo como en la conducta del pavimento.[9]

La NTP CE 010-Pavimentos Urbanos [10], cataloga a esta tipología de suelos arcillosos como una subrasante pobre; caracterizándose por tener bajos valores en su módulo resiliente y capacidad de soporte (CBR), a medida el Manual de Carreteras, parte de suelos y pavimentos [11], si se obtiene un suelo de fundación cuyo $CBR < 6\%$ (subrasante insuficiente o inadecuada), se deberá plantear su mejoramiento o el remplazo de dicho suelo; sin embargo, al querer remplazar este material por otro de

mejor calidad, genera el incremento de costos de la obra.

En los recientes años la ciudad de Chiclayo a sufrió enormes crecimientos poblacionales, cual genero la obligación de realizar más pistas, en el suelo donde se planifica construir, frecuentemente no cumplen con los requisitos y exigencias que se necesitan. Por tales motivos se realizaron investigaciones donde proponen hacer un mejoramiento por medio de una estabilización. Dichas razones son análisis donde se plantea aprovechar y reutilizar los residuos calcáreos triturados como agregados para la preparación de concreto y también estabilizante de suelos. Estudios como la de [12] dio respuestas satisfactorias usando las conchas de abanico trituradas para hacer una estabilización en suelos limosos.

Frente la problemática planteada, El presente estudio propone aprovechar el uso de los residuos calcáreos y especies de moluscos, como agregado para estabilizar un suelo arcilloso, teniendo en cuenta la finalidad de mejorar las propiedades físico-mecánicas de las muestras que se extraerán de las subrasantes arcillosas de Av. La Despensa, distrito de José Leonardo Ortiz.

Ello debido a dichos residuos la que podría darse una reutilización inmediata a los más de 100000 m³ de residuos acumulados en los botaderos ya que no poseen ningún uso actualmente y tienen un lugar que podría ser mejor aprovechado, obteniendo una solución frente a la contaminación generada, también a una elección distinta, siendo eficaz y más económica para la construcción. Frente a lo descrito anteriormente surge la pregunta ¿Como influye la incorporación de residuos calcáreos en las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos a nivel de la subrasante, en la Av. La Despensa, José Leonardo Ortiz, Chiclayo?, La justificación de este trabajo viene enmarcada en los siguientes puntos:

- La tesis en mención, se justifica según su implicancia técnica, tiene como propuesta el mejoramiento de los suelos donde este posea un mejor desempeño para su uso como subrasante, donde incorporaremos desechos de los residuos calcáreos, con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-mecánicas, también nace de la necesidad de implementar nuevas tecnologías económicas, volviéndolos ideal para la ejecución de pavimentos para el periodo de diseño y nivel de tráfico.

- La tesis en mención presenta relevancia social, pues en el área de análisis tiene demasiado valor mejorar la infraestructura vial, a la gran transitabilidad vehicular de cargas pesadas y no pesadas por ser una vía comercial y así mismo el agregado a usar es demasiado económico y sencillo de obtener para el mejoramiento de las subrasantes arcillosas, donde los conductores y transeúntes se verán beneficiados gracias a la optimización en la transpirabilidad de los pavimentos.
- Se justifica a partir del entorno económico en la que se plantea la reutilización de los residuos calcáreos donde serán extraídos de los botaderos del puerto Santa Rosa, donde se propone incorporar a la subrasante ya que aportaría de manera notable y demandaría en costos menores para la ejecución de pavimentos y manera eficiente.
- En esta investigación la justificación ambiental, busca el decrecimiento del impacto ambiental, debido a que hay grandes áreas de residuos calcáreos. Por ello se plantea la reutilización y aprovechamiento de este material desechable como estabilizador a la subrasante, tratando de disminuir la contaminación ambiental.

Así mismo se definió como objetivo general: Evaluar el mejoramiento de las propiedades Físico-Mecánicas de los suelos arcillosos a nivel de la subrasante adicionado residuos calcáreos en la Av. La Despensa, José leonardo Ortiz, Chiclayo. Así mismo se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Clasificar los residuos calcáreos y las muestras naturales de subrasantes arcillosas en la Av. La Despensa.
- Comparar las propiedades físico mecánicas entre la muestra natural y las muestras adicionando residuos calcáreos en porcentajes de 20%, 30%, 40 % y 50 % respecto a su peso seco de la muestra eligiéndose el más óptimo de ellos.
- Determinar el comportamiento de la subrasante arcillosa más desfavorable y el más favorable al adicionar los residuos calcáreos triturados en los distintos porcentajes, mediante los ensayos de Límites de Consistencia, Proctor Modificado y CBR.
- Analizar la rentabilidad económica del mejoramiento del suelo con el estabilizante propuesto.
- Evaluar el impacto ambiental de la presente alternativa de solución.

REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

De acuerdo a la investigación **“Mechanical Stabilization Of A Deltaic Clayey Soil Using Crushed Waste Periwinkle Shells”**, de Rowland y Ifechukwude [13], realizado en Nigeria, teniendo como finalidad demostrar los cambios en la plasticidad, las propiedades de compactación y valor del CBR, bajo su acción de los residuos triturados de conchas de bígara, como un estabilizante alternativo. Se realizaron ensayos para el suelo arcilloso Deltaico y para las conchas de bígara; consiguiendo una variación en la reducción del L.L y en paralelo el I.P, y además de una buena resistencia. Los resultados se mostraron a partir del 50% - 80% de a ver adicionado el residuo de las conchas de bígara teniendo un crecimiento notorio del 2% al 14% del CBR, llegando a demostrar que los residuos triturados de conchas de bígara se pueden utilizar en los suelos arcillosos deltaico como un estabilizado mecánico.

La presente investigación **“Mezclas De Zahorras Naturales Y Concha De Mejillón Para Firmes De Vías Forestales”**, de López y Fernández. [14], realizado en Chile, muestra el impacto de la concha de mejillón y las zahorras naturales donde se recomienda como material de afirmado para suelos de vías forestales ya que se viene utilizando como abono para fincas de cultivo y viñedo en algunas zonas costeras. Se procedió a caracterizar los materiales mediante ensayos que se basan en la norma NLT y normas UNE. Teniendo en cuenta esto se realizó la determinación de los porcentajes de conchas de mejillón triturada, que se le va agregar y zahorras naturales, donde estas mezclas también pasaron por diferentes ensayos para poder saber sus características, llegando a determinar los porcentajes de 18% - 82 % lo recomendable de la mezcla de zahorra natural y concha de mejillón. Llegando así a la utilización de estas mezclas de residuos y zahorras naturales como material de capas de firme forestales.

ANTECEDENTES NACIONALES

La presente tesis **“Uso De Concha De Abanico Triturada Para Mejoramiento De Subrasantes Arenosas”**, de Farfán. R. [12], se realizó en la Universidad de Piura donde analizaron plantear un estabilizante mecánico como material proveniente de la trituración de conchas de abanico para un suelo areno-limoso. Tratando de mejorar las propiedades mecánicas del suelo (CBR), se realizó por medio del método experimental donde se utilizó un diámetro de contra triturada de 9.53 y 0.85mm, donde se realizaron los ensayos correspondientes y se manifestó que los moluscos antes mencionados poseen la propiedades similares a un material pétreo con unos resultados que incrementaron el C.B.R al 121% con una adherencia de 45% de concha de abanico triturada incorporada, llegando así a demostrar que se puede utilizar la concha de abanico en los suelos areno-limosos como un estabilizador.

De acuerdo a la tesis **“Influencia De Las Partículas Granulares De La Valva Del Molusco Bivalvo En El CBR De Subrasantes Arcillosas Del Pueblo Chepate, Distrito De Cascas, La Libertad”** de Carnero y Martos. [15], donde analiza la manera de cómo puede influir la valva de molusco bivalvo en los suelos arcillosos como un estabilizante. Donde se optó por cuatro mezclas granulométricas que se clasificaron y pasaron por diferentes ensayos determinando que las valvas tienen un parecido físico a los suelos granulares. Se obtuvo un CBR de 45% del suelo arcilloso. Mediante una combinación de 28% de valva granular, haciendo ensayos de CBR al suelo antes mencionado se obtuvo 4.6% por ende se considera una subrasante inadecuada, a sismo al agregar valva triturada de choro de mar en un porcentaje de 35%, en suelos arcilla-arenosa y arcilla de baja plasticidad se tuvo como resultado un aumento de 4.7 veces más de su valor inicial, por ello se indica que si funciona como estabilizante la trituración de los moluscos de bivalvo choro de mar.

ANTECEDENTES LOCALES

De acuerdo a la investigación **“Incorporación de aditivo terracyme, cemento en suelos arcillosos para mejorar la resistencia en sub rasante, La Peca -San Isidro km:8+500 – 8+600”** de Álvarez y Rivas. [16], se plantea la incorporación de aditivo terracyme, cemento en el tramo La Peca San Isidro Km 8+500 – 8+600, donde se realizó un análisis experimental de tres calicatas, se determinó como un suelo de arcilloso-limoso, al adicionar el cemento tipo I y el aditivo terracyme en las calicatas mediante los ensayos se obtuvo como resultados un aumento de CBR en las tres calicatas de 74.1%, 71.2%, 69.1% .Se hizo el diseño de mezcla de Terracyme, cemento portland tipo I por lo que se obtuvo resistencias a la compresión de rotura de probetas a los siete días 15.70kg/cm², a los catorce días de 19.70 kg/cm², y veintiocho días de 20.41kg/cm² , la cual se llegó a ver que esto mejoraría la infraestructura vial, la capacidad portante, evitando ahuellamiento y bacheo.

La presente tesis **“Evaluar el Uso de Polímeros Reciclados para el Mejoramiento de Vías no Pavimentadas del Distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo – 2021”** de León y Marín [17], donde tiene como finalidad evaluar y determinar su comportamiento de los suelos arcillosos mediante la adición de un polímero reciclado pulverizado en porcentajes de 1%, 3% y 5% respecto a su peso. Se tomo muestras de la Av. La Despensa y Venezuela tomando sus calicatas respectivas donde a cada uno de ellas se hizo su clasificación SUC, la cual resulto que para la Av. La Despensa arenas arcillosas en el estrato superior y arenas limosas en el estrato inferior, por otro lado, la Av. Venezuela arenas arcillosas en el estrato superior y en el estrato inferior arcillas orgánicas y su clasificación y AASHTO se obtuvo para la Av. La Despensa un suelo tipo A-6 (3) y A-2-4(0) y la Av. Venezuela un suelo tipo A-6 (2) y A-6(10), seguidamente hizo los ensayos correspondientes para cada muestra con adición del polímero reciclado pulverizado donde se determinó que el CBR de primera muestra aumento hasta un 36.90% y la segunda aumento en 33.70% respecto a su peso, por ende la adición de un polarímetro de material reciclado es apto y económico para estabilizar las subrasantes ya que ayuda de manera positiva la protección y cuidado del medioambiente.

BASES LEGALES

MANUAL DE CARRETERAS, SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS - MTC/14

Este manual ofrece los criterios técnico-económicos para el eficiente diseño de cada una de las capas estructurales originarios de los pavimentos, donde en su capítulo IV nos da un alcance de recomendaciones para desarrollar una idónea investigación de suelos, así mismo, nos muestra la caracterización de la subrasante, donde nos indica los límites mínimos que esta debería llevar a cabo para ser usada como suelo de fundación. Paralelamente, el capítulo IX está referido a la estabilización de suelos, donde detalla los criterios que se deberán considerar y los tipos de estabilización existentes. [11]

MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN (EG-2013)

Por otro lado, este manual instituye las indicaciones y requisitos de las ocupaciones referidas a infraestructura vial, con la finalidad de mejorar la calidad de las mismas, de las cuales su capítulo III muestra los ensayos que se deberán hacer a los suelos según el tipo de estabilización aplicado, de igual manera, indica los criterios de aprobación de los trabajos. [18]

NTP CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

La presente norma, establece los requisitos mínimos para la idónea durabilidad de los pavimentos urbanos, describiendo en su capítulo tres, las técnicas para la realización de estudios de la mecánica de suelos llevando a cabo el diseño de pavimentos, paralelamente, indica los ensayos de laboratorio, requisitos de materiales y pruebas de control. [10]

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, MTC E 108

La norma presente, tiene como finalidad de determinar el contenido de humedad en el suelo, expresado en porcentajes, donde el suelo se encuentra entre los estados líquido y plástico. [19]

NTP CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

La presente norma, establece los requisitos mínimos para la idónea durabilidad de los pavimentos urbanos, describiendo en su capítulo tres, las técnicas para la realización de estudios de la mecánica de suelos llevando a cabo el diseño de pavimentos, paralelamente, indica los ensayos de laboratorio, requisitos de materiales y pruebas de control. [10]

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, MTC E 108

La norma presente, tiene como finalidad de determinar el contenido de humedad en el suelo, expresado en porcentaje, para lo cual el suelo se encuentra entre los estados líquido y plástico. [19]

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, MTC E 107

La norma en mención, contiene los requisitos para determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de las partículas del suelo. La finalidad de este ensayo está basada en describir el método para determinar los porcentajes pasantes del suelo por los diferentes tamices empleadas en el ensayo hasta el de 74mm equivalente a N° 200. [19]

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO, MTC E 109

En la siguiente norma, tiene como finalidad de determinar el porcentaje de partículas más finas de un determinado suelo, que pase el tamiz de 74 pm (N° 200), con fines de clasificación. [19]

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, MTC E 110

La presente norma, es usada como una parte integral de diversos sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos y para especificar la fracción de grano de materiales. Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico. [19]

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.), MTC E 111

La norma, hace referencia a determinar el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (L.P.), si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo donde el suelo tendrá una consistencia distinta. [19]

MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA, MTC E 113

La presente norma, indica el método para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas del suelo, mediante el uso de un picnómetro, con el fin de calcular las relaciones de fase de suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación (las relaciones volumétricas de un suelo). [19]

CLASSIFICATION OF SOIL AND SOIL-AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES (CLASIFICACIÓN DE SUELO Y MEZCLAS DE SUELOS AGREGADO PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS), AASHTO M 145

La normativa presente, explica el proceso de clasificación de suelos con base a su reparto granulométrico y sus límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), presentando un total de 7 grupos (A-1 a A-7), donde los suelos limo-arcillosos abarcan mayormente los grupos desde A-4 hasta A-7. [20]

MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS, SUCS), NTP 339.134

La norma en mención establece el proceso para la clasificación de suelos minerales y orgánico se nombran usando símbolos del grupo que constan de un prefijo y un sufijo, El prefijo indica el tipo de suelo y el sufijo indican las subdivisiones que matizan sus propiedades indicando la tipología principal de suelos como: gravas, arenas, limos, arcillas, orgánicos y suelos turba, así mismo, la clasificación de la combinación entre ellos. [21]

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO), MTC E 115

La presente norma, indica el procedimiento necesario para desarrollar la compactación del suelo a nivel de laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)), Hay 3 métodos alternativos, buscando determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, proporcionándole al suelo una mayor resistencia y mejorando su estabilidad. [19]

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO, MTC E 132

La norma, describe el proceso para determinar un índice de resistencia denominado valor de soporte o CBR (California Bearing Ratio). Siendo necesario para el desarrollo de este ensayo, que el suelo posea condiciones determinadas contenido humedad y densidad. [19]

LEY GENERAL DEL AMBIENTE, LEY N°28611

La ley en mención, instituye los requisitos para el correcto uso del derecho a un ambiente saludable, así como las medidas correctas para el cumplimiento de una óptima gestión ambiental, contribuyendo con el desarrollo sustentable del país.[22]

BASES TEÓRICAS

SUELOS

Crespo [23], establece que es la capa más externa y delgada de la corteza terrestre, ocupa un en la superficie el 30% que se forma a partir de la descomposición de las rocas y por acción del agua, viento de las actividades de los seres vivos. A su vez compuesto por materia orgánica y minerales disueltos provenientes de la meteorización.

SUELOS ARCILLOSOS

De acuerdo a Crespo [23], se les llama arcillas a las partículas sólidas de menos de 0.005 mm de diámetro, y cuando se mezclan con agua, esta masa tiende a volverse plástica. Asimismo, dependiendo de su composición química está compuesta en un enorme porcentaje por alúmina hidratado y de silicato de hierro o magnesio en menor proporción.

COMPOSICION DE LAS ARCILLAS:

Caolinitas

Siendo integradas por dos láminas superpuestas de forma indefinida, una silicia y otra alumínica, cuya alianza restringe el paso de moléculas de agua entre ellas, lo que hace es que estas arcillas sean estables. La arcilla caolinita se considera una arcilla con plasticidad moderada, alta permeabilidad y alta fricción interna.[24]

Ilita

Tiene una estructura química muy similar a las montmorillonitas, sin embargo, estas no son tan expansivas como la montmorillonita. El coeficiente de fricción y la permeabilidad son más bajos de la caolinita y más altos de la montmorillonita.[24]

Montmorillonita

En este grupo pudimos encontrar a la bentonita, siendo formadas por una lámina alumínica que está dentro en 2 láminas silíceas, sin embargo, cuya alianza es débil, lo produce que estas arcillas presenten una fuerte expansión e inestabilidad. Es muy utilizado en el ámbito de la construcción como impermeabilizante, debido a que no permite salir las moléculas de agua de su interior. [24]

CARACTERISTICAS

Se caracteriza por su baja permeabilidad, dificulta el paso del agua debido al limitado tamaño de sus poros, tiene una alta capacidad de compresión; Los suelos arcillosos, limosos e incluso arenosos tienen la posibilidad de colapsar-comprimirse de una manera brusca-sencillamente incrementando su contenido de humedad a un valor crítico (85% para arcillas y 40-60% para arenas y limos). Esta propiedad básica se utiliza directamente en la compactación del suelo.[25]

PROPIEDADES FISICAS

Peso Volumétrico

El peso volumétrico de una arcilla es dicho peso por unidad de volumen, expresando en kg/m³; otro criterio relacionado es el peso volumétrico aparente, siendo este el peso por volumen seco y suelto, el cual estima los vacíos presentes en el suelo, el primordial beneficio de dichos datos es la conversión directa de pesos a volumen o viceversa.[23]

Granulometría

La granulometría se trata de determinar las proporciones de sus diversos elementos constituyentes. Tiene como finalidad agrupar y clasificar por intervalos de dimensión y conseguir el peso relativo por categoría de tamaño. Un punto importante para identificar este tipo de suelo durante el tamizado es el siguiente: si en malla N° 200 el pasante es más del 50%, la muestra se clasificará como grano fino (limo y/o arcilla) [23]

Densidad

La densidad absoluta es la masa de un material comprendida en su elemento del volumen, pero sin fusionar sus vacíos, mientras tanto que la densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen la cual si incluyendo sus vacíos. [23]

Plasticidad

La densidad absoluta es la masa de un material comprendida en su elemento del volumen, pero sin fusionar sus vacíos, mientras tanto que la densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen la cual si incluyendo sus vacíos. [23]

Límite de Contracción

Es el porcentaje de humedad en relación con el peso seco de la muestra, con que una disminución de agua no origina una diferenciación en el volumen del suelo.

Limite Plástico

El suelo es ligeramente flexible, presenta grandes deformaciones con la administración de pequeños esfuerzos. Su comportamiento es plástico, por lo que no vuelve a su estado original una vez que cesa el esfuerzo. Mecánicamente impropcedente para resistir cargas adicionales

Limite Liquido

Se anula la atracción entre las partículas cuando hay una desequilibrada cantidad de agua, lo que mantiene la consistencia y cohesión del suelo, y lo transforma en una papilla, un líquido viscoso sin resistencia.

Índice de Plasticidad

Es definido como el contenido de humedad en el rango sobre el cual un suelo exhibe plasticidad. También es una resta ($PI = LL - LP$). Cuando actúa por debajo de un material plástico se define como contenido de humedad.

El Manual de Carreteras presenta lo siguiente, que la sección Suelos y Pavimentos, muestra una clasificación de suelos según su I.P, donde detalla que cuando el IP es superior o igual a 20, es un suelo bastante arcilloso, a medida que, si su IP está en el rango entre 7 y 20, el suelo es arcilloso, en tanto, su IP sea inferior a 7, el suelo es poco arcilloso, y una vez que el IP es igual a cero, este será que no contiene arcilla.

Tabla 1: Clasificación de suelos según índice de Plasticidad. Emitido por [20]

INDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERISTICAS
$IP \geq 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \geq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

PROPIEDADES MECÁNICAS

ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA

La estabilidad volumétrica está condicionada por los procesos de expansión y contracción causados en suelos arcillosos, dichos son ocasionados por variaciones en la humedad, donde se aumenta las presiones en la estructura del pavimento, lo que provoca deformaciones y rupturas en los mismos; resultando primordial identificar y caracterizar dichos suelos expansivos, siendo la solución más común, la transformación de la arcilla en una masa granular o rígida. [9]

PERMEABILIDAD

La permeabilidad es la cualidad que contiene el suelo para permitir que el agua atraviese por él. Esta propiedad en subrasantes arcillosas está relacionada con dos problemas: el primero, la desvanecimiento de presiones de poro y el segundo, el flujo de agua a través del suelo; donde, al presentarse altas presiones de poros generarán traslaciones en las explanaciones, mientras, el flujo de agua a través del suelo, ocasionará tubificaciones y arrastre de partículas, alterando las capas subyacentes del pavimento, por ende, es necesario que la compactación

se realice con el óptimo contenido de humedad, pues las partículas del suelo tenderán a reordenarse, disminuyendo la cantidad de vacíos, y de esta forma, obtener una baja permeabilidad. [9]

RESISTENCIA

La resistencia mecánica en suelos arcillosos, es la capacidad que tiene para resistir frente a sollicitaciones externas, donde esta dependerá del contenido de humedad y de la energía de compactación, puesto que un suelo compactado con su óptimo contenido de humedad generando su máxima densidad seca, presentará un comportamiento flexible y resistencias altas, a diferencia, si se compactara con una alta humedad, y por ende, baja densidad seca, pues que provocará un comportamiento plástico o viscoso y una baja resistencia en el suelo, esto se debería a que el exceso de humedad en las arcillas producen la repulsión de sus partículas, provocando que la cohesión aumente o reduzca de manera proporcional al contenido de agua. [9]

COMPRESIBILIDAD

La compresibilidad es el nivel de deformación que muestra un suelo cuando este trabaja bajo cargas, siendo los más comprensibles, las arcillas. Esta propiedad, altera la permeabilidad, las presiones de poros y la resistencia del suelo, donde la humedad de compactación juega un papel bastante fundamental, puesto que, con la necesaria, el comportamiento del suelo resultará óptimo para su aplicación en obras viales. [9]

ENSAYOS DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, MTC E 108 [23]:

DESCRIPCIÓN:

El contenido de humedad (ω) de un suelo, se define como la relación entre la masa del agua contenida en el suelo y la masa del suelo seco y comúnmente se expresa como porcentaje.

EQUIPOS:

- Horno, con capacidad de alcanzar temperaturas de 110 ± 5 °C
- Balanzas, con margen de error según lo permitido por la norma (± 0.01 gr)

MATERIALES:

- Recipientes resistentes al calor, Cucharon

CÁLCULOS:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_{cs} = es el peso del contenedor mas el suelo seco en horno, en gramos
- M_c = es el peso del contenedor, en gramos
- M_w = es el pedro del agua, en gramos
- M_s = es el pedo de las partículas sólidas, en gramos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, MTC E 107 [23]:

DESCRIPCIÓN:

Es la determinación de la cantidad de los diferentes tamaños de partículas que constituyen el suelo, expresado en porcentaje.

EQUIPOS:

- Balanzas, con sensibilidad de ± 0.01 gr
- Estufa de 110 ± 5 °C, con el fin de secar la muestra

MATERIALES:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Tabla 2: Tamices para el análisis granulométrico de suelos. Fuente: MTC E-107

CÁLCULOS:

- El % que pasa la malla número 200:

$$\% \text{ Pasa N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido En El Tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- La cantidad de partículas retenidas expresadas en %, según cada tamiz:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido En El Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- El % de partículas que pasa, según cada abertura:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, MTC E 110 [23]:

DESCRIPCIÓN:

El Límite Líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

EQUIPOS:

- Copa de Casagrande
- Acanalador
- Calibrador
- Balanza, sensibilidad ± 0.01 gr
- Horno para temperaturas de 110 ± 5 °C

MATERIALES:

- Espátula, según lo especificado en la presente norma

CÁLCULOS:

Donde:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{O} \quad LL = kW^n$$

- N = N° de golpes para cerrar la ranura para el contenido de humedad
- W^n =Contenido de humedad del suelo
- k = factor que se toma de la siguiente tabla de acuerdo a los golpes.

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 3: Factor K para determinar el Límite Líquido en suelos. Fuente: MTC E- 110

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.), MTC E 111 [23]:

DESCRIPCIÓN:

El límite plástico es la menor cantidad de agua que puede presentar un material, sin dejar este estado.

En tanto, el índice de plasticidad, es la diferencia algebraica entre el LL – LP.

EQUIPOS:

- Tamiz N°40
- Superficie de trabajo (vidrio esmerilado grueso)
- Recipientes para la determinación de humedades del suelo
- Balanza
- Horno

MATERIALES:

- Espátula, según lo que indique la norma.

CÁLCULOS:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

- *L. L.* = Límite Líquido
- *L. P.* = Límite Plástico
- *L. L* y *L. P.* son valores enteros
- Nota: *L. P* Tamiz N°40

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO), MTC E 115 [23]:

DESCRIPCIÓN:

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

Contenido de Humedad óptima.

- Densidad Seca

- Grafico Contenido de Humedad vs Densidad Seca

EQUIPOS:

- Ensamblaje del molde: cada molde deberá poseer un collar de ensamblado y un plato base, donde, dicho collar como mínimo tendrá una altura de 2.0 pulgadas.
- Molde de 6 pulgadas: Se respetará lo indicado en la presente norma
- Pisón Manual: deberá poseer una guía con suficiente espacio libre y además la cabeza no deberá estar restringida.

MATERIALES:

- Tamices, para suelos finos se requerirá el N°04

CÁLCULOS:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

- ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m³)
- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)
- W = contenido de agua (%)

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO, MTC E 132 [23]:

DESCRIPCIÓN:

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

EQUIPOS:

- Molde metálico cilíndrico
- Disco espaciador de metal
- Pesas con masa de $4,54 \pm 0,02$ kg
- Pistón de penetración
- Prensa utilizada para la penetración de un espécimen.

MATERIALES:

- Tamices, para suelos finos se requerirá el N°04

CÁLCULOS:

- Se calculan los Esfuerzos Aplicados dividiendo la carga para el área del pistón. La carga se obtiene multiplicando cada lectura del dial de cargas por la constante del aparato. Se dibujan las curvas Carga vs. Penetración vea figura 01, para cada molde, colocando en las abscisas cada una de los valores de penetración y en las ordenadas los respectivos esfuerzos. En cada una de las curvas, el cero debe ser desplazado, para así

compensar los errores debidos a irregularidades en la superficie de las muestras y para corregir la curva si esta empieza cóncava hacia arriba.

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

CONCEPTUALIZACIÓN

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1.929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes., fue sufriendo modificaciones hasta llegar a la actual normativa conocida como método AASHTO M145, Este sistema define siete grupos de suelos, desde A-1 hasta A-7, diferenciando los materiales granulares de los finos por el pasante de la malla N°200; si pasa menos del 35% será un material granular, comprendido entre los grupos A-1, A-2 y A-3, pero si pasa más del 35% será un material fino, estando comprendido entre los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

SIMBOLOGÍA

Para clasificar los suelos mediante la presente metodología, se empleará los siguientes signos convencionales

Figura 1: Signos convencionales para perfil de calicatas. Emitido por [20].

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

PROCESO DE CLASIFICACIÓN

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)				
	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 min			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				
(1):	No plástico										
(2):	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30										

Tabla 4: Clasificación de suelos según AASHTO M 145. Emitido por [20].

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS

CONCEPTUALIZACIÓN

Este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942, cuya complejidad y el sin número de variables que puede presentar el suelo en la naturaleza, ha sido necesario crear sistemas que permitan clasificarlos y establecer criterios para su identificación. Es un procedimiento basado en El Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (SUCS) y algunas tablas de otras referencias que permiten clasificar los suelos en función de los resultados obtenidos en los ensayos de Límites de Atterberg y Granulometría. Esta clasificación, distingue dos grupos de suelos, basándose en el pasante por la malla N°200, si pasa menos del 50%, el suelo será grava (G) o arena (S), pero si pasa más del 50%, el suelo será limo inorgánico (M), arcilla inorgánica (C) o limo-arcilla orgánica (O).

SIMBOLOGÍA

Para clasificar los suelos mediante la presente metodología, se empleará los siguientes signos convencionales

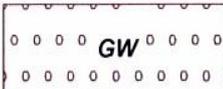
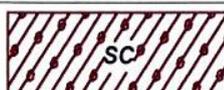
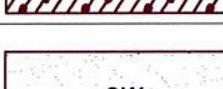
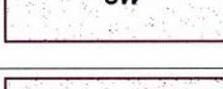
	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

Figura 2: Signos convencionales para perfil de calicatas. Emitido por [20].

PROCESO DE CLASIFICACIÓN

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.	
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
	(pocos o sin finos)		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
	Arenas con finos		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
	(apreciable cantidad de finos)		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.		
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200						
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.			
CL			Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
OL			Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

Tabla 5: Clasificación de suelos según la SUCS. Fuente: [28]

SUBRASANTE

DEFINICIÓN

La subrasante, según [11], es el área que termina a la altura del desplazamiento de suelos (corte y relleno), en la cual se sitúa la edificación de afirmado. Del mismo modo, esta área tendrá que exponer características y propiedades aceptables. La eficacia de esta cobertura es una funcionalidad de las propiedades del pavimento y de la dimensión del tránsito detallada en métodos de número de ejes iguales almacenados a lo largo de la existencia rentable del pavimento.

CATEGORÍAS DE LA SUBRASANTE

El manual de Carretera Sección Suelos y Pavimentos [11], presenta las siguientes categorías, en seguida a su vez la NTP CE.010

CATEGORIA DE SUBRASANTE	CBR
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante insuficiente	De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
Subrasante regular	De $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
Subrasante buena	De $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
Subrasante muy buena	De $CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Tabla 6: Categorías de la subrasante. Emitido por [11].

CATEGORIA DE SUBRASANTE	CBR
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante insuficiente	$3\% < CBR < 8\%$
Subrasante regular	$8\% < CBR < 17\%$
Subrasante buena	$CBR \geq 17\%$

Tabla 7: Categorías de la subrasante. Emitido por [11].

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA:

Está definida como una tecnología extensa, basada en la colocación de un insumo químico, el intercambio iónico y la cementación entre las partículas suelo-aditivo. Este suelo es fuerte mezclado y homogenizado con el suelo a tratar, buscando mejorar su resistencia, trabajabilidad y estabilidad volumétrica.[26]

ESTABILIZACIÓN FÍSICA:

- ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS:

Esta estabilización da lugar a dos situaciones, en primer lugar, cuando la cubierta de material prestado se edifica sobre el suelo natural existente, en esta situación se escarificará y compactará el terreno natural hasta un fondo mínimo de 15 cm, para luego acentuarse el material de préstamo. En segundo y último lugar, el mejoramiento con material plenamente adicionado involucra la eliminación completa del suelo natural existente. [11]

- MEZCLAS DE SUELOS

Se estima como una combinación de material del suelo que actual con material de préstamo, donde se deberá de cortar el terreno natural al menos una profundidad de 15cm. Este estabilizador tiene como fin aprovechar las cualidades naturales del suelo y mezclarlo con otro suelo con diferentes propiedades de tal manera que la combinación de éstos resulte un suelo que cumpla con los requisitos para utilizarlo como subrasante. [11]

ESTABILIZACIÓN MECANICA:

Se presenta cuando implica en manipular y compactar el suelo sin modificar la estructura o combinación del suelo para obtener su densificación y optimizar las características del suelo. Esta estabilización tiene finalidad en disminuir la porción de vacíos, de modo que se pueda obtener un material de mejor calidad y conforme a los requisitos requeridos. [27]

CONCHA DE ABANICO

CONCEPTUALIZACIÓN

La concha de abanico es un molusco, compuesta por 2 valvas. Este molusco se encuentra en regiones costeras, suele vivir normalmente en las bahías protegidas del oleaje. Además, se encuentran en arena fina y en profundidades de 2 a 20 metros. Asimismo, en aguas bien oxigenadas que tienen una temperatura de los 14 a 28 °C. [28]

Phyllum	Mollusca
Clase	Pelecypoda
Subclase	Lamelinobranchia
Orden	Filibranchia
Familia	Pectinidae
Género	Argepecten
Especie	Argopectenpurpuratus
Nombre Común	Concha de Abanico (Perú). Ostión del Norte

Tabla 8: Generalidades de la concha de abanico [28]

poseen una forma orbicular, donde sus valvas son desiguales, observando que la valva izquierda es más convexa que la derecha, donde cada valva cuenta con sus propias prolongaciones, también llamadas como orejas desiguales, asimismo muestra costillas radiales o líneas de crecimiento, con un rango de 23 a 26, cuenta con líneas concéntricas donde estos se les conoce como los anillos de crecimiento. El color exterior varia de rosa a púrpura oscuro, incluyendo el color anaranjado.[28]

Su morfología interna comprende por un organismo hermafrodita (Donde presenta ambos sexos). La parte interna se le considera como la gónada donde esta se comprende por dos partes bien definidas; la parte masculina que es de color crema-blanquecina y la parte femenina que es de color anaranjada. [28]

COMPOSICION FISICA

COMPONENTE	PROMEDIO (%)
Valvas	67.2
Carne cocida	17.8
Parte Comestible	14.8

TEXTURA	FIRME
Peso cuerppo (rango,g)	1.5-40
Peso músculo abductor (rango,g)	1.0-28.0
Peso de coral (rango,g)	0.5-12.0

COMPOSICION QUIMICA

COMPONENTE	PROMEDIO (%)
Humedad	78.2
Grasa	1.8
Proteína	15.9
Sales Minerales	2.2
Calorías (100g)	96

MACROELEMENTO	PROMEDIO (%)
Sodio (mg/100g)	101.7
Potasio (mg/100g)	269.4
Calcio (mg/100g)	11.7
Magnesio (mg/100)	33.9

MACROELEMENTO	PROMEDIO (%)
Fierro (ppm)	2.9
Cobre (ppm)	0.2
Cadmio (ppm)	0.3
Plomo (ppm)	0

Tabla 9: Composición Física, Química, Mineralógica de la concha de abanico [28].

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Pavimento:** Estructura compuesta por capas, apoyadas sobre un terreno preparado para soportarlas durante un periodo de servicio [22].
- **Estabilización:** Proceso físico o químico con el cual se mejoran las propiedades físico-mecánicas del suelo natural, con el objetivo de volverlos estables [22].
- **Estabilización de suelos:** Proceso físico o químico con el cual se mejoran las propiedades físico-mecánicas del suelo natural, con el objetivo de volverlos estables [22].
- **Suelo expansivo:** Suelo que sufre expansión y/o retracción, poniendo en peligro la estructura que se asienta sobre ellos [20].
- **Sub rasante:** Es la superficie terminada de la carretera, a nivel de corte o relleno, sobre la cual se asentará la estructura del pavimento [20].
- **Capa de base asfáltica:** capa estructural de pavimentos flexibles, compuesta por cemento asfáltico y agregados de alta calidad, esta se encuentra compactada y densa [22].

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO

De acuerdo a Borja [29], la presente investigación hace frente a la siguiente tipología:

- SEGÚN SU FINALIDAD

Investigación Aplicada: ya que la presente tesis busca utilizar los conocimientos existentes de la ingeniería de pavimentos para solucionar el problema de las subrasantes arcillosas, más no se pretende desarrollar novedosas teorías.

- SEGÚN LOS DATOS ANALIZADOS

Investigación Cuantitativa: debido a que se usarán valores numéricos obtenidos de los ensayos de laboratorio, para cuantificar con precisión las variaciones de las propiedades físico-mecánicas de las subrasantes en los análisis.

- SEGÚN LA METODOLOGÍA PARA CONSTATAR LA HIPÓTESIS

Investigación Experimental: la presente tesis, busca determinar cómo influye la incorporación de los residuos calcáreos, en las propiedades físico-mecánicas, probar la hipótesis, a través de resultados conseguidos en los ensayos en el laboratorio.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según [38], en base al nivel de profundización del objeto de estudio, la presente investigación corresponde a un nivel correlacional, dado que busca medir la relación que existe entre las variables de interés.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación seleccionada, es para demostrar veracidad en la hipótesis donde corresponde a ser experimental de tipo puro, con Estudio de Posprueba. La representación lógica y el diseño de investigación es la presente:

$O_c _ \rightarrow -X1 _ \rightarrow M2$: Para el Grupo de Control

$O_e _ \rightarrow X1 _ \rightarrow M1$: Para el Grupo Experimenta

Donde:

- ✓ **O** = Subrasantes arcillosas.
- ✓ **-X1** = Ausencia de estabilizantes (sin estímulos).
- ✓ **X1** = Incorporación de los Residuos Calcáreos (con estímulos).
- ✓ **M** = Medición de las propiedades físico-mecánicas de los suelos en estudio.

POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO DE ESTUDIO

POBLACIÓN

En la investigación la población de análisis son cada una de las subrasantes, ubicadas en la Av. La Despensa, José Leonardo Ortiz, Chiclayo.

MUESTRA

La muestra en estudio son todas las subrasantes arcillosas, donde se observó en el presente tramo de la Av. La Despensa hasta la intersección con la Antenor Orrego y el Dorado.

Los ensayos correspondientes y descritos se harán para cada una de las calicatas de la zona de estudio, para la muestra patrón y con estabilizante se analizará teniendo en cuenta 4 dosificaciones en diferentes porcentajes de 20%, 30%, 40% y 50% de residuos calcáreo.

MUESTREO DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizó el muestreo no probabilístico y por beneficio, con el fin de que el investigador sustentándose el número de puntos de muestreo según lo determinado por la NTP. CE.010 Pavimentos Urbanos, donde en su artículo 3.2.2 nos muestra

TIPO DE VÍA	NUMERO MINIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	AREA (M2)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Tabla 10: Número de puntos de investigación, según el tipo de vía. Emitido por [10]

- ❖ TIPO DE VÍA: Teniendo en cuenta el Reglamento para el Sistema Vial Urbano de la provincia de Chiclayo [30], clasifica a la Av. La Despensa como una red colectoras, interceptando de forma transversal y longitudinal a los anillos viales, en este caso se enlaza con la Av. Chiclayo (Anillo Vial N°1) y Av. Leguía (Anillo Vial N°2).

- ❖ **ÁREA:** Según el programa geográfico Google Earth Pro, con la herramienta “agregar polígono”, se considera un área aprox. de 5412 m² donde se comprende el tramo de

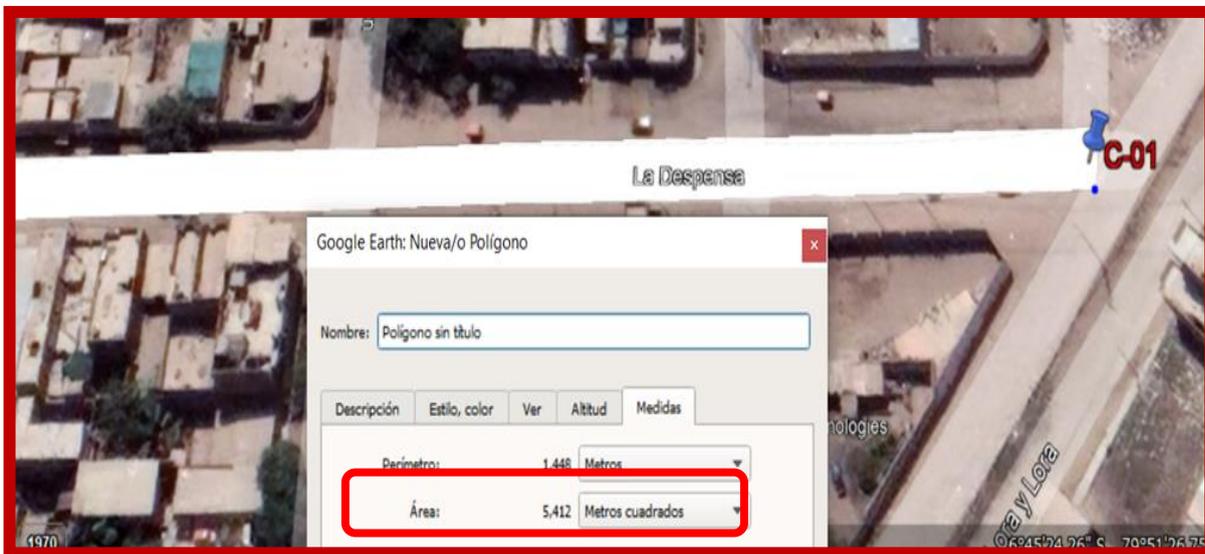


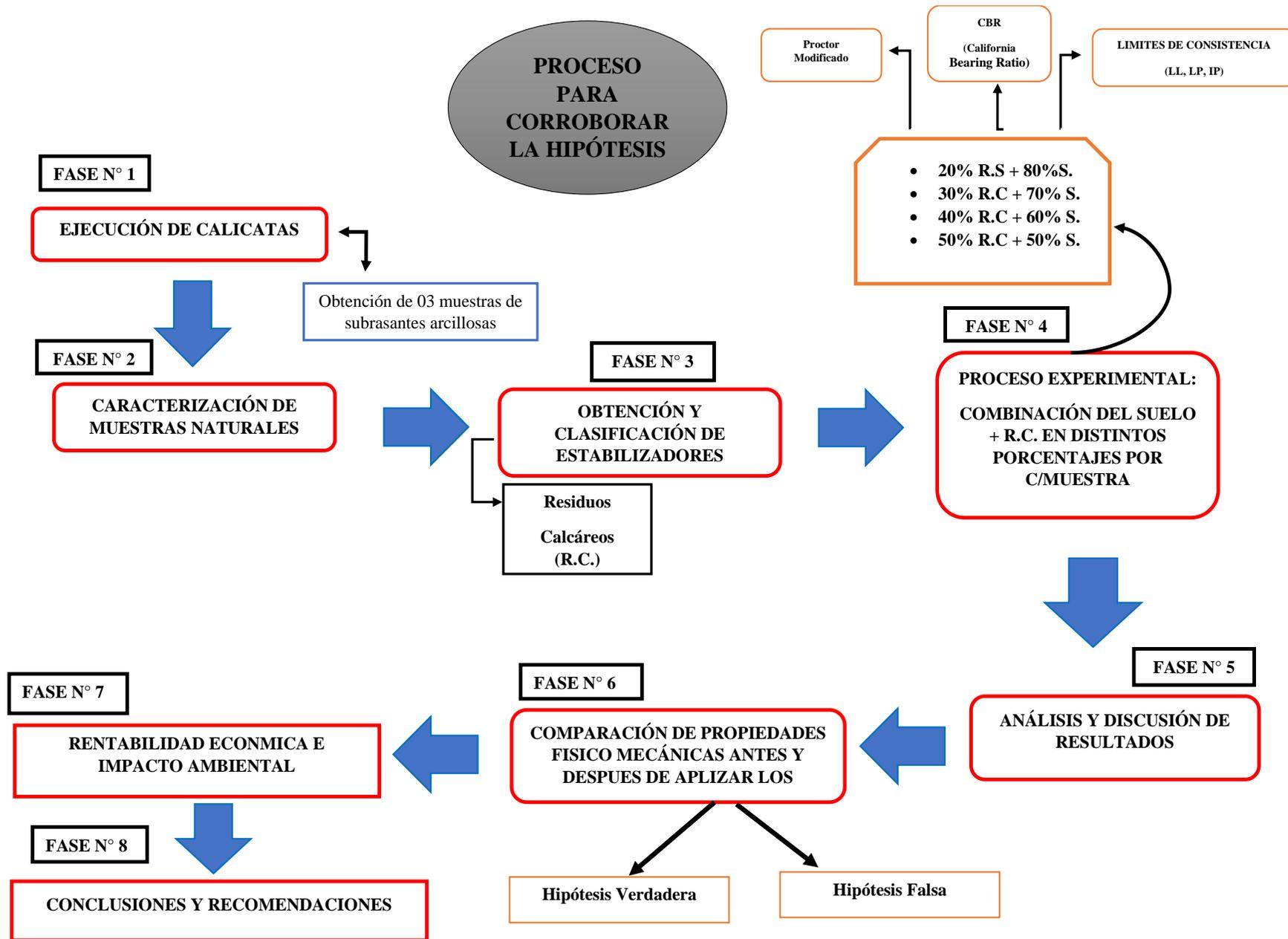
Figura 3: Obtención del área del tramo de estudio. Fuente: Google Earth Pro

- ❖ **NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN:**

Teniendo en cuenta el tipo de Vía en análisis y el área calculada, se obtendrá: $5412\text{m}^2/3000\text{ m}^2= 1.804\text{ m}^2 \approx 2$ puntos de investigación. Pero al ser el mínimo un total de 3, se consideró por dicho valor. Por ende, las calicatas o puntos de que se explorarán contarán con una profundidad de 1.50m, sacando muestras del estrato más profundo y uniforme, con el fin que estas sean más representativas para el uso como subrasantes.

HIPÓTESIS

La incorporación de agregados de los residuos calcáreos mejorará las propiedades físico – mecánicas en las subrasantes arcillosas procedente de la Av. La Despensa, José Leonardo Ortiz.



Gráfica 1: Proceso de corroboración de hipótesis. Fuente: Propia

VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES

❖ Variable independiente:

Incorporación de agregados de residuos calcáreos.

❖ Variables dependientes:

Propiedades físico - mecánicas de las subrasantes arcillosas.

OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN	INSTRUMENTO	RANGOS
<u>Var.Independiente</u> Incorporación de agregados de Residuos Calcáreos.	Residuos Calcáreos	Cantidad de agregados reciclados	% en peso	Balanza electrónica con aproximación a 01.g	20,30,40 y 50%
			mm	Juego de tamices	< 4.75 mm
<u>Var.Dependiente</u> Propiedades Físico-Mecánicas de las subrasantes arcillosas.	Propiedades Físicas	Límite Líquido	%	MTC E110	-
		Límite Plasticidad	%	MTC E111	-
		Índice de	%	MTC E111	-
	Propiedades Mecánicas	Óptimo	%	MTC E115	-
		Contenido de	%	MTC E115	-
		Máxima	g/cm ³	MTC E115	-
		Densidad Seca	g/cm ³	MTC E115	-
Capacidad de	%	MTC E117	-		
Soporte CBR	%	MTC E132	-		

Tabla 11: Operacionalización de las variables en estudio. Fuente: Propia

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el siguiente análisis se aplicará las técnicas e instrumentos:

- **Técnica:** Para la presente investigación, la técnica para la recolección de información se da mediante el muestreo de suelos según el MTC E -101 [23]

- **Instrumento:** Para muestrear el suelo de estudio depende del material a analizar, donde los instrumentos requeridos en la presente investigación son:
 - Bolsas de polietileno de capacidad de 50 kg.
 - Pala, barreta para excavar a cielo abierto con una prof de 1.50m.
 - cinta métrica, estacas, pizarra, plumones, etc.

✓ **Técnica:** Análisis de resultados

Instrumento: Consiste en la discusión e interpretación de los mismos, dentro de los instrumentos a emplear tenemos: hojas de cálculo, gráficas, organizadores, cuadros comparativos, entre otros.

✓ **Procesamiento de información:** Se refiere a los medios con los cuales se procesará o tratará la data obtenida de los ensayos realizados, entre los softwares requeridos tenemos: Microsoft Word, Excel, AutoCAD y el sistema de información geográfica Google Earth Pro

PROCEDIMIENTO

EJECUCIÓN DE CALICATAS

Para dar inicio a la presente investigación, primero, se realizó una visita a campo preliminar para identificar de forma visual el estado de la vía, zonas con presencia de arcillas y otros problemas que presenta el tramo de estudio (asentamiento a nivel de veredas, desnivel por la humedad, etc.), así mismo, se realizó una búsqueda de información referente al tramo seleccionado y los posibles tipos de suelos que puede contener, definiéndose por conveniencia la ubicación de los puntos de muestreo. Posteriormente, se ejecutaron un total de 03 calicatas a cielo abierto, extrayéndose y almacenándose las muestras alteradas tal como estipula la normativa MTC E-101 “Muestreo de Suelos Y Rocas” [23]. Las calicatas se realizaron a un costado del eje de vía, en un clima cálido y en un horario no muy transitado, donde su ubicación se presenta a continuación: (vea figura 12):

- C-01: Intersección Av. La Despensa y Antenor Orrego.
 - E: 626294
 - N: 9253662

- C-02: Intersección Av. La Despensa y Manuel I. Goicochea.
 - E: 626256
 - N: 9253662

- C-03: Intersección Av. La Despensa y Dorado.
 - E: 626237
 - N: 9252948

Las coordenadas mostradas, fueron extraídas con el sistema de información geográfica Google Earth Pro.

Además, según la CE. 010 pavimentos Urbanos, establece una profundidad mínima de excavación de 1.50m, encontrándose por debajo de la cota de la rasante de la vía, la cual se respetó en la presente investigación, así mismo, según el MTC E-101 “Muestreo de Suelos Y Rocas”, indica que la cantidad mínima de muestra a extraer deberá ser la necesaria para desarrollar al menos los ensayos físicos-mecánicos del suelo. Las calicatas realizadas tuvieron una profundidad de 1.50m, encontrándose un solo perfil estratigráfico compuesto por material de relleno, extendiéndose desde la superficie hasta 0.20m de profundidad, y a su vez, suelo arcilloso comprendido desde dicho nivel hasta fondo de excavación. Cabe recalcar que, en ninguna calicata se encontró presencia de nivel freático, así mismo, por cada una se extrajo



Figura 5: Calicata-01: Intersección Av. La Despensa y Antenor Orrego. Fuente: Propia



Figura 6: Calicata-02: Intersección Av. La Despensa y Manuel Goicochea. Fuente: Propia



Figura 7: Calicata-03: Intersección Av. La Despensa y Dorado. Fuente: propia

Seguidamente, se elaboró el perfil estratigráfico por cada calicata, en él se detalla la profundidad de cada estrato, como también, las características de los mismos.

EXPLORACIÓN: C-1

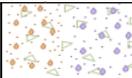
TESIS:		"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"								
TESISTA:		ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ								
UBICACIÓN		PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE								
FECHA EXCAVACION		jueves, 1 de Setiembre de 2022				TIPO DE EXCAVACIÓN:		MANUAL		
N.A.F.		No encontrado a la profundidad de excavación								
COORDENADAS: E = 626294 N = 9253662										
PROFUNDIDAD	ESTRATO	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMED.	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFIC.
0.00										
0.10	0.20	-	Relleno con material suelto - basura.			-	-	-	-	
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00	1.50	M-1	Suelo de matriz arcillosa de coloración marrón claro. Presenta material compacto, textura suave, estructura fina, húmedo y moldeable.	CL	A-6(13)	22.50	36	15	21	1.60
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										
1.70										

Figura 8: Perfil estratigráfico calicata 01. Fuente: Propia

PERFIL ESTRATIGRÁFICO										
EXPLORACIÓN: C-2										
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"									
CONSULTOR:	-									
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ									
UBICACIÓN	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE									
FECHA EXCAVACION	jueves, 1 de Setiembre de 2022					TIPO DE EXCAVACIÓN:	MANUAL			
N.A.F.	No encontrado a la profundidad de excavación					COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL			
COORDENADAS: E = 626256 N = 9253205										
PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMED.	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFICACION
0.00										
0.10	0.10	-			-	-	-	-	-	
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90	1.50	M-1	CL	A-6 (13)	17.99	37	15	22	1.25	
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										

Figura 9: Perfil estratigráfico calicata 02. Fuente: Propia.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO										
EXPLORACIÓN: C-3										
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"									
CONSULTOR:	-									
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ									
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE									
FECHA EXCAVACION:	jueves, 1 de Setiembre de 2022					TIPO DE EXCAVACIÓN:	MANUAL			
N.A.F.	No encontrado a la profundidad de excavación					COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL			
COORDENADAS: E = 626237 N = 9252948										
PROFUNDIDAD	ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMED.	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFICACION
0.00										
0.10	0.10	-	Relleno con material suelto - basura.			-	-	-	-	
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90	1.50	M-1	Suelo de matriz arcillosa de coloración marrón claro. Presenta material compacto, textura suave, estructura fina, húmedo y moldeable.	CL	A-4 (9)	22.32	24	16	8	1.10
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										

Figura 10: Perfil estratigráfico calicata 03. Fuente: Propia.

Luego de obtener las muestras de subrasantes arcillosas, se procedió a realizar los ensayos correspondientes para su caracterización, los cuales se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos, describiéndose a continuación los ensayos realizados en él:

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Proceso:

Según la norma MTC E-108, la humedad es la relación entre los sólidos y el peso del agua, para ello, se realiza primero un cuarteo, el cual consiste en dividir la muestra total en partes iguales, esto con el fin de seleccionar muestras representativas, para luego pesarlas en una balanza eléctrica. Después, con las muestras seleccionadas del cuarteo, procedemos a almacenarlas en taras, registrando el peso del depósito con y sin material. El siguiente paso a seguir es colocar las taras en un horno eléctrico a temperatura constante de 110°C por 24 horas. Luego de cumplirse el tiempo, se retira las muestras del horno, dejándolas enfriar a temperatura ambiente, posterior a ello, se registra el peso seco de la muestra con la tara, por último, se efectúa el cálculo del contenido de humedad.



Figura 11: Ensayo de humedad. Fuente: Propia

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Este ensayo se realizó de acuerdo con la normativa MTC E-107:

Proceso:

Este ensayo se realizó de acuerdo con la normativa MTC E-107: Teniendo en cuenta la normativa ya mencionada, se debe distribuir por tamaños una muestra de cada calicata y anotar los resultados de peso retenido por los tamices de diferente tamaño. Se pesa en una balanza la muestra, para posteriormente realizarle el ensayo. Después, se registra el peso retenido según cada tamiz, verificándose que la sumatoria de todos los retenidos sea igual al peso inicial de la muestra.



Figura 12: Ensayo granulometría por tamizado. Fuente: Propia

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO

Este ensayo se realizó en base a la norma MTC E-110, donde, para realizarlo debemos verificar que la cuchara de Casagrande este calibrada, dado que se colocará una pequeña porción de muestra, la cual se encuentra saturada, cabe recalcar que, dicha muestra ah debido estar 24 horas en agua. Luego de colocar la muestra en la cuchara, realizamos un corte central con apoyo de una ranura que debe tener una longitud aproximada de 13mm Después, comenzamos a girar la manivela dejando caer el bol de la cuchara con la muestra, contándose la cantidad de golpes que ocasionan que la ranura que tenía la muestra se llega a cerrar o juntar, la cantidad de golpes varían entre 4 a 40, y estos, deben ser registrados en 4 fases: la primera, de 30 a 40 golpes, la segunda, de 20 a 30 golpes, la penúltima, de 10 a 20 y la última, de 4 a 10 golpes Siguiendo con el proceso, se colocará una pequeña porción de agua en la muestra que no ha cerrado, para luego hacer de nuevo los golpes de 20 a 30. Posterior a ello, se pesa la tara, pero sin la muestra; después, tomamos el peso de la tara, pero con la muestra Ya para finalizar, dejamos las muestras en el horno a una temperatura 110°C por 24 horas, pasado dicho tiempo, se saca del horno y se procede a pesar, esto con el fin de obtener su humedad, el mismo proceso se debe aplicar con las muestras de todas las calicatas.



Figura 13: Ensayo límite líquido. Fuente: Propia

ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Proceso:

Según la MTC E-111, se procede a realizar pequeños cilindros los cuales deben tener un diámetro aproximado de 3mm cada uno. Luego, se pesa la tara con y sin las muestras. Finalmente, se deja los pequeños cilindros de 3mm en el horno a una temperatura de 110°C por 24 horas, una vez concluido el tiempo, se retiran y se procede a calcular su humedad.



Figura 14: Ensayo límite plástico. Fuente: Propia

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Según la norma MTC E-115, para realizar el siguiente ensayo se deberá tomar mínimo 3 muestras por calicata, con el fin de obtener el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca, cabe recalcar que, cada muestra estará con un contenido de humedad diferente, sin embargo, cada una, deberá rellenar el molde de compactación en 5 capas, cada capa será compactada con 25 golpes.



Figura 15: Ensayo Proctor modificado. Fuente: Propia

ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X PARA CONCHAS DE ABANICO

El presente ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de instrumentación analítica INKALLOYS, Ubicado en Av. Óscar R. Benavides 3046 - Of. 1403, Lima, Perú. Este ensayo consiste en excitar una muestra de partículas con una fuente de radiación X, dicha radiación expulsa electrones de capas internas del átomo, donde, los electrones de capas externas, ocupan los espacios vacíos y el exceso de energía generado, se disipa en fotones y/o radiación X fluorescente, caracterizados por poseer una longitud de onda que depende del gradiente energético y una intensidad relacionada con la concentración de los elementos en la muestra [40]. Para el presente estudio, se analizó una muestra aproximada de 300 gr de conchas pulverizadas en un espectrómetro de fluorescencia de rayos X Rigaku (WDXRF), con la finalidad de conocer su composición química, para luego comparar los resultados con los rangos establecidos por la ASTM C-618 y así poder clasificarlas.



Figura 17: Muestra de RC y espectrómetro (WDXRF) utilizados. Fuente: Propia

PROCESO DE OBTENCIÓN DE AGREGADOS DE BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO

- 1.** Primero se realizará una inspección visual a todos los residuos calcáreos que podamos encontrar para así, comenzar con su correcta selección, teniendo en cuenta que puede presentar sustancias orgánicas, algas pegadas en ellas, entre otras.
- 2.** Una vez seleccionado el residuo calcáreo correcto, se procederá a realizar un lavado con agua potable y una escobilla para quitar cualquier tipo de impureza pegado o incrustado en ella.
- 3.** En este paso se procede al triturado, empleando una maquina convencional de trituración de alimentos para aves domésticas, teniendo precaución de no mezclar con cualquier impureza.
- 4.** Después de a ver triturado los residuos calcáreos, el nuevo agregado como resultados que obtenemos será ensayados por granulometría por tamizado, límites de consistencia, ensayo de espectrometría de fluorescencia Rayos x.
- 5.** Por último, se secarán al aire libre los agregados seleccionados disminuyéndose la humedad natural de los mismos.

RECOLECCIÓN:

Las Residuos Calcáreos (Conchas de Abanico) utilizadas, fueron obtenidas del botadero de la parte posterior del TERMINAL PESQUERO ECOMPHISA ubicado en la carretera Santa Rosa, a 29 minutos del centro de Chiclayo.

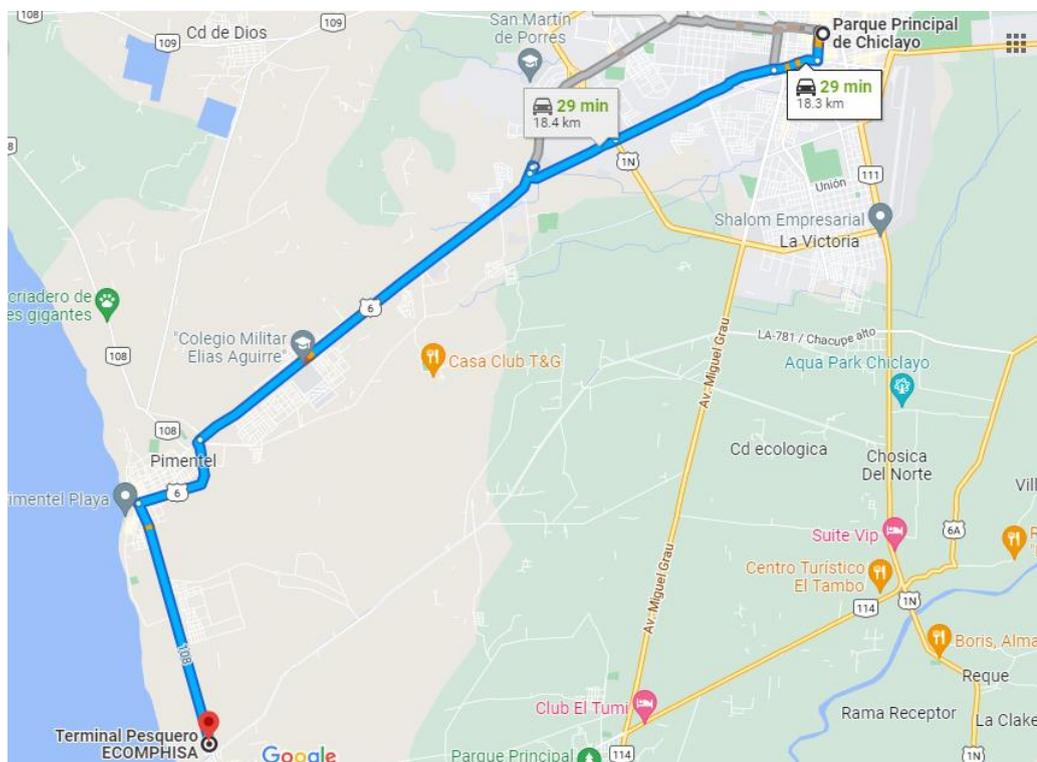


Figura 18: Ubicación del botadero empleado. Fuente: Propia



Figura 19: Botadero atrás del terminal pesquero. Fuente: Propia

Se recolectó las conchas de abanico en perfecto estado sin estar combinadas con alguna sustancia química del botadero, donde se presentan sustancias contaminantes como materia orgánica es descomposición, aguas residuales no tratadas, entre otras.



Figura 20: Recolección de balbas de conchas de abanico. Fuente: Propia

TRATAMIENTO:

Primero, se juntó todas las conchas de abanico en un buen estado en una bolsa de propileno de 50 kg.



Figura 21: Balbas de conchas de abanico en sacos de 50 kg. Fuente: Propia

Segundo, pasamos al proceso de moler la materia prima hasta llegar un pulverizado el material.



Figura 22: proceso de pulverizado de la concha de abanico. Fuente: Propia

Tercero, llegamos a obtener el material pulverizado para ser utilizado como aditivo.



Figura 23: Balbas de concha de abanico pulverizadas. Fuente: Propia

ELABORACIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES

La elaboración de muestras experimentales, se efectuó por cada subrasante arcillosa (C-01, C-02 y C-03), realizándose seis muestras por cada una, donde, cada muestra experimental contiene suelo arcilloso más residuos de balbas de concha de abanico en porcentajes definidos, cuyo proceso se detallará a continuación.

En base a la fórmula de humedad del suelo, se determinó el peso seco de la muestra, para aplicarle a este, los porcentajes de cada aditivo.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

Si se sabe que:

$$\text{Peso de suelo secado al horno} = \text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de agua}$$

Remplazando en la ecuación anterior, se obtiene:

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de agua}} * 100\%$$

Despejando el peso del agua, tenemos:

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{w}{100} (\text{peso de suelo humedo})}{\left(1 + \frac{W}{100}\right)}$$

CALICATA 01 (C-01):**Datos:**

Humedad: 22.5%

Peso de suelo húmedo (muestra): 30.00 kg

Obtención del peso del agua:

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{w}{100} (\text{peso de suelo húmedo})}{\left(1 + \frac{W}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{22.5}{100} (\text{peso de suelo húmedo})}{\left(1 + \frac{22.5}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = 5.51 \text{ kg}$$

Peso seco de la muestra:

$$\text{Peso seco de la muestra} = \text{peso de suelo húmedo} - \text{peso de agua}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 30 \text{ kg} - 5.51 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 24.49 \text{ kg}$$

Cálculo del aditivo por cada combinación:

1° COMB: 20 % RCC + 80 % SUELO		
RCC	0.2 * 24.49	4.90
SUELO	Pw+0.8*24.49	25.10
Σ PESOS		30

kg

2° COMB: 30 % RCC + 70 % SUELO		
RCC	0.3* 24.49	7.35
SUELO	Pw+0.7*24.49	22.65
Σ PESOS		30

kg

3° COMB: 40 % RCC + 60 % SUELO		
RCC	0.4 * 24.49	9.80
SUELO	Pw+0.6*24.49	20.20
Σ PESOS		30

kg

4° COMB: 50 % RCC + 50 % SUELO		
RCC	0.5 * 24.49	12.24
SUELO	Pw+0.5*24.49	17.76
Σ PESOS		30

kg

Tabla 12: Cuantificación de aditivo para muestras C-01. Fuente: Propia

CALICATA 02 (C-02):**Datos:**

Humedad: 17.99%

Peso de suelo húmedo (muestra): 30.00 kg

Obtención del peso del agua:

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{w}{100} (\text{peso de suelo húmedo})}{\left(1 + \frac{W}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{17.99}{100} (30)}{\left(1 + \frac{17.99}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = 4.57 \text{ kg}$$

Peso seco de la muestra:

$$\text{Peso seco de la muestra} = \text{peso de suelo húmedo} - \text{peso de agua}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 30 \text{ kg} - 4.57 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 25.43 \text{ kg}$$

Cálculo del aditivo por cada combinación:

1° COMB: 20 % RCC + 80 % SUELO		
RCC	0.2 * 25.43	5.09
SUELO	Pw+0.8*25.43	24.91
Σ PESOS		30 kg

2° COMB: 30 % RCC + 70 % SUELO		
RCC	0.3* 25.43	7.63
SUELO	Pw+0.7*25.43	22.37
Σ PESOS		30 kg

3° COMB: 40 % RCC + 60 % SUELO		
RCC	0.4 * 25.43	10.17
SUELO	Pw+0.6*24.43	19.83
Σ PESOS		30 kg

4° COMB: 50 % RCC + 50 % SUELO		
RCC	0.5 * 25.43	12.71
SUELO	Pw+0.5*25.43	17.29
Σ PESOS		30.00 kg

Tabla 13: Cuantificación de aditivo para muestras C-02. Fuente: Propia

CALICATA 03 (C-03):**Datos:**

Humedad: 22.32%

Peso de suelo húmedo (muestra): 30.00 kg

Obtención del peso del agua:

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{w}{100} (\text{peso de suelo húmedo})}{\left(1 + \frac{W}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = \frac{\frac{22.32}{100} (30)}{\left(1 + \frac{22.32}{100}\right)}$$

$$\text{Peso de agua} = 5.47 \text{ kg}$$

Peso seco de la muestra:

$$\text{Peso seco de la muestra} = \text{peso de suelo húmedo} - \text{peso de agua}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 30 \text{ kg} - 5.47 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco de la muestra} = 24.53 \text{ kg}$$

Cálculo del aditivo por cada combinación:

1° COMB: 20 % RCC + 80 % SUELO		
RCC	0.2 * 24.53	4.91
SUELO	Pw+0.8*24.53	25.09
Σ PESOS		30 kg

2° COMB: 30 % RCC + 70 % SUELO		
RCC	0.3* 24.53	7.36
SUELO	Pw+0.7*24.53	22.64
Σ PESOS		30 kg

3° COMB: 40 % RCC + 60 % SUELO		
RCC	0.4 * 24.53	9.81
SUELO	Pw+0.6*24.53	20.19
Σ PESOS		30 kg

4° COMB: 50 % RCC + 50 % SUELO		
RCC	0.5 * 24.53	12.26
SUELO	Pw+0.5*24.53	17.74
Σ PESOS		30 kg

Tabla 14: Cuantificación de aditivo para cada muestra C-03. Fuente: Propia

PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el presente estudio, se ha desarrollado el plan de procesamiento para el análisis de datos en cinco etapas, siendo estas las siguientes:

ETAPA I: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- ✚ Revisión teórica del tema a tratar
- ✚ Análisis de antecedentes relacionados con la investigación
- ✚ Revisión de la normativa vigente involucrada con el proyecto
- ✚ Desarrollo del plan para la ejecución del estudio
- ✚ Revisión parcial por parte del asesor

ETAPA II: MUESTRAS NATURALES DE SUBRASANTES ARCILLOSAS Y ADITIVOS

- ✚ Ejecución de calicatas
- ✚ Obtención de residuos calcáreos
- ✚ Elaboración de ensayos para la caracterización de subrasantes arcillosas
- ✚ Elaboración de ensayos para la clasificación de los residuos calcáreos
- ✚ Elaboración de ensayos para la determinación de la subrasante más desfavorables y la más favorable.
- ✚ Revisión parcial por parte del asesor

ETAPA III: COMBINACIÓN DE MUESTRAS NATURALES CON ADITIVOS

- ✚ Elaboración de muestras naturales de subrasantes arcillosas en combinación con pulverización de las balbas de conchas de abanico.
- ✚ Ensayos comparativos entre dosificaciones
- ✚ Trabajo de gabinete
- ✚ Revisión parcial por parte del asesor

ETAPA IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✚ Cuantificación de los cambios producidos en las propiedades de cada subrasante arcillosa al adicionarle los aditivos en distintos porcentajes
- ✚ Comparación de los resultados obtenidos entre las muestras naturales y las muestras con aditivos, determinándose del porcentaje óptimo según cada subrasante arcillosa
- ✚ Análisis de rentabilidad económica del mejoramiento de suelo con los estabilizadores propuestos
- ✚ Desarrollo de la evaluación de impacto ambiental
- ✚ Revisión parcial por parte del asesor

ETAPA V: SUSTENTACIÓN FINAL

- ✚ Presentación de la investigación definitiva a los jurados
- ✚ Levantamiento de observaciones
- ✚ Sustentación final de tesis

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Ética durante el comienzo de la investigación:

- ✚ La investigación se deberá desarrollar de forma responsable y sistemática, esto con el fin de obtener óptimos resultados.
- ✚ Se gestionará los permisos correspondientes para el acceso al área de estudio.

Ética durante la ejecución de la investigación

- ✚ Regirse al reglamento de ensayos de materiales del MTC [23], durante la ejecución de los mismos.
- ✚ No alterar los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

Ética durante la interpretación de resultados

- ✚ Ser capaz de interpretar los resultados obtenidos, con el fin de proponer opciones de solución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS NATURALES DE SUBRASANTES ARCILLOSAS

Todas las muestras ensayadas, fueron obtenidas de campo, correspondientes a las calicatas C-01, C-02 y C-03, así mismo, el muestreo se realizó con las medidas correspondientes. Para caracterizar las propiedades físico-mecánicas del suelo extraído, se desarrollaron los siguientes ensayos: contenido de humedad, granulometría por tamizado, contenido de sales solubles totales, límites de consistencia, densidad específica, Proctor modificado, relación de soporte de california (CBR); presentándose a continuación los resultados obtenidos:

CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRAS NATURALES

Este ensayo se desarrolló siguiendo la norma MTC E-108, con esta prueba se mide la relación existente entre el peso del agua respecto a los sólidos, presentándose en la tabla 18 los resultados obtenidos.

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Humedad (%)
C-01	M-01	0.20-1.70	22.5
C-02	M-02	0.20-1.60	17.99
C-02	M-03	0.20-1.60	22.32

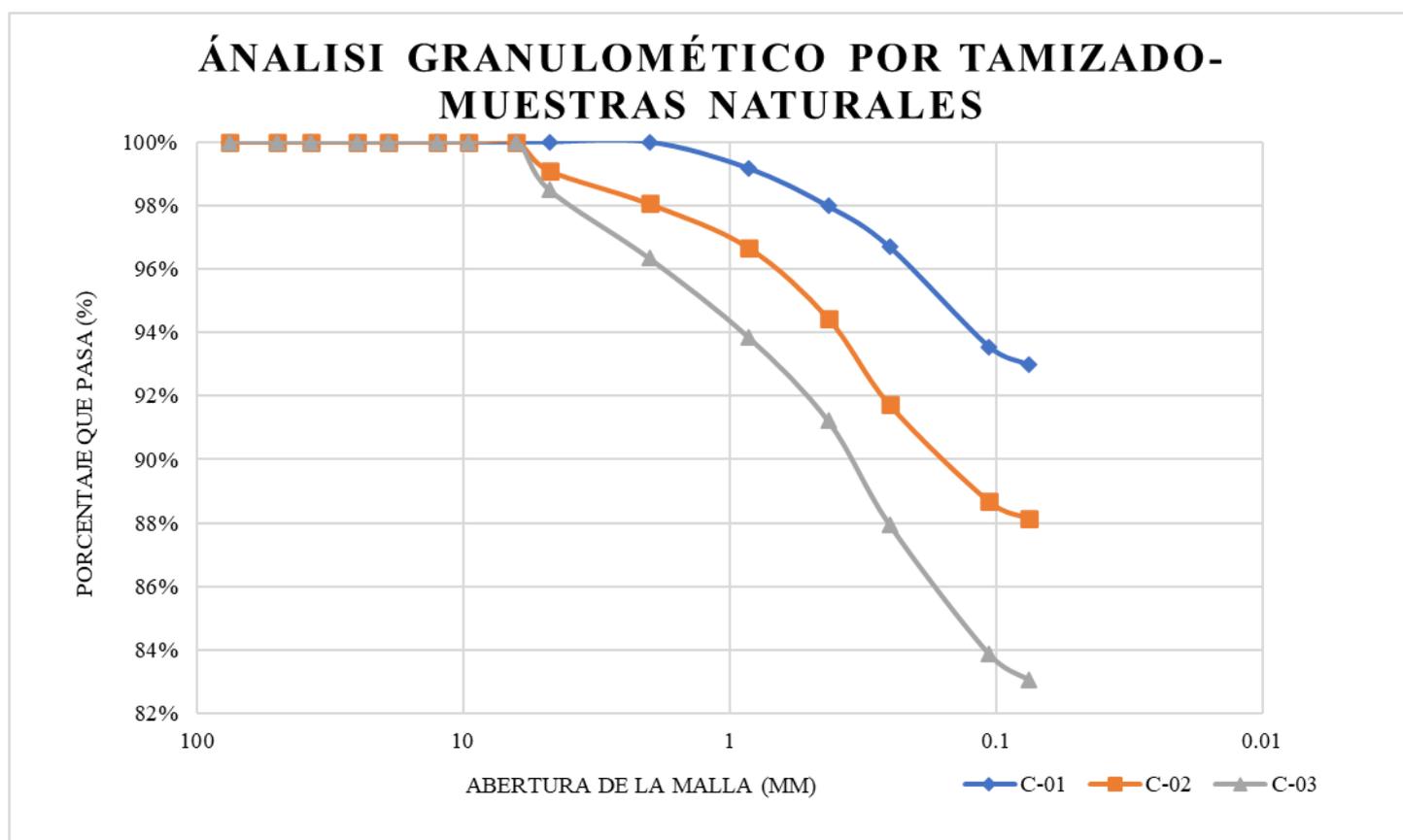
Tabla 15: Contenido de humedad en muestras naturales. Fuente: Propia

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA - MUESTRAS NATURALES

Para determinar la granulometría o gradación de partículas de las muestras de suelo natural, se desarrolló mediante el ensayo, granulometría por tamizado, siguiendo lo establecido en la MTC E-107, mostrándose en la tabla 16 y gráfica 02 los resultados obtenidos para el primero.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
CALICATA	MUESTRA	GRAVA (%) 75.00 -4.75mm	ARENA (%) 4.75- 0.075mm	LIMO/ARCILLA (%) <0.075mm
C-01	M-01	100	100	92.98
C-02	M-01	100	99.1	88.14
C-03	M-01	100	98.49	83.08

Tabla 16: Distribución granulométrica por tamizado de muestras naturales. Fuente: Propia



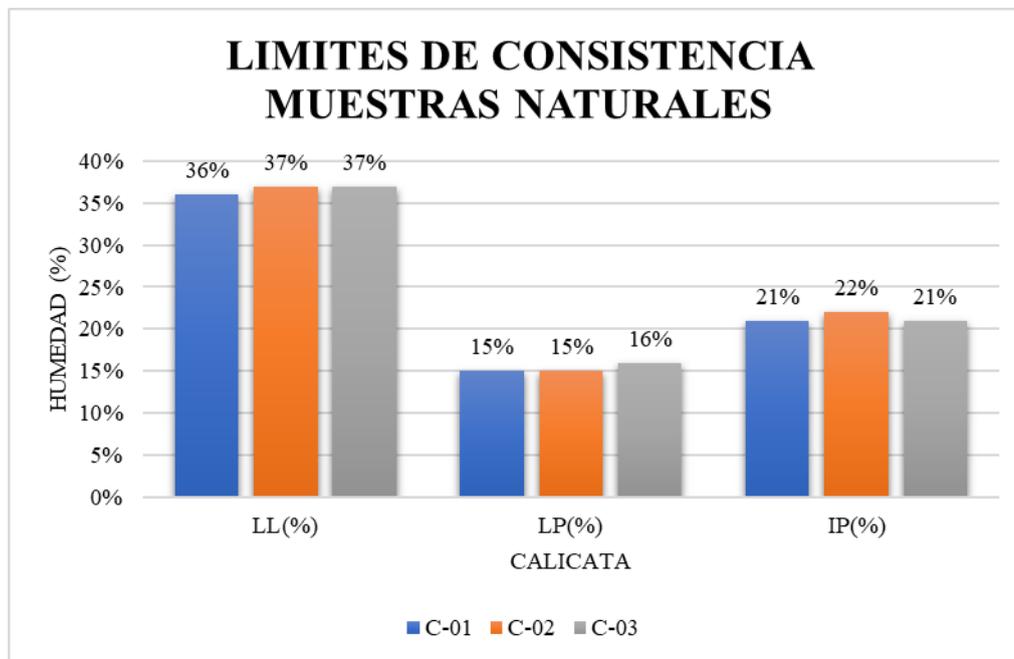
Gráfica 2: Curva granulométrica por tamizado de muestras naturales. Fuente: propia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MUESTRAS NATURALES

Los límites de Atterberg, son las humedades críticas para las cuales el suelo pasa a diferentes estados de consistencia, y, para determinarlas, se siguió lo establecido en las normativas MTC E- 110 y MTC E-111, mostrándose los resultados en la tabla 17 y gráfica 03:

MUESTRA NATURAL					
Calicata	Muestra	Prof.(m)	LL(%)	LP(%)	IP(%)
C-01	M-01	0.20-1.70	36	15	21
C-02	M-02	0.20-1.60	37	15	22
C-03	M-03	0.20-1.60	37	16	21

Tabla 17: Límites de consistencia de muestras naturales. Fuente: Propia



Gráfica 3: Límites de consistencia de muestras naturales. Fuente: Propia

CLASIFICACIÓN DE SUELO - MUESTRAS NATURALES

En base a los ensayos de granulometría por tamizado y con apoyo de los límites de consistencia, se clasificó las muestras naturales mediante el criterio de la

Calicata	Muestra	Prof.(m)	CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
C-01	M-01	0.20-1.70	CL	A-6 (13)
C-02	M-02	0.20-1.60	CL	A-6(13)
C-03	M-03	0.20-1.60	CL	A-6 (13)

AASHTO y la SUCS, obteniéndose lo siguiente:

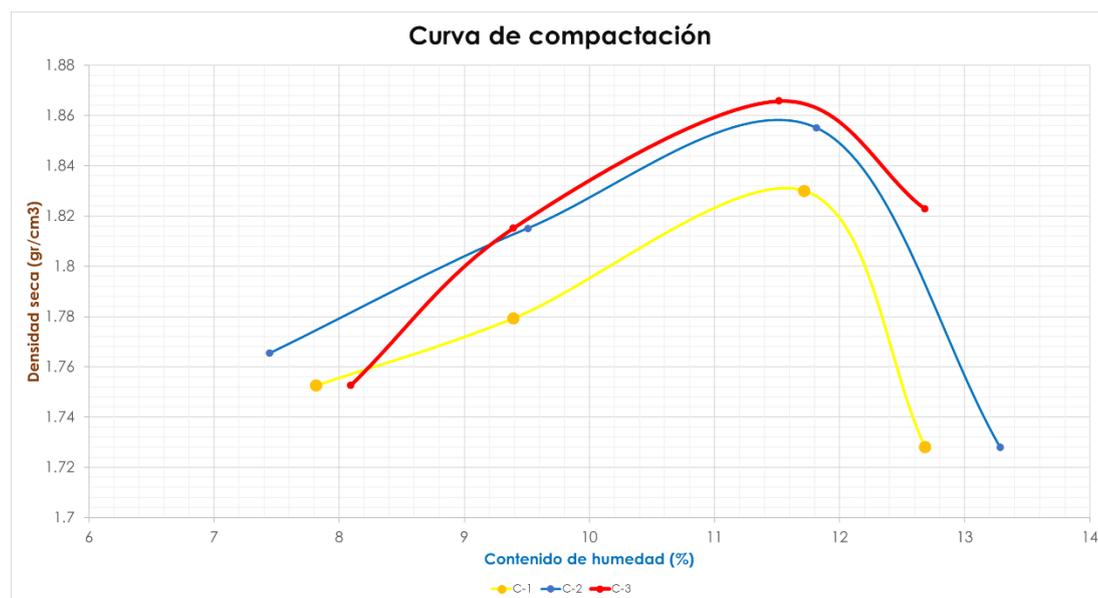
Tabla 18: Clasificación de muestras naturales. Fuente: Propia

PROCTOR MODIFICADO – MUESTRAS NATURALES

El ensayo de Proctor modificado, se realizó en base a la norma MTC E-115, este ensayo determina el óptimo contenido de humedad de un suelo con el fin de generar su máxima densidad seca, proporcionándole una mayor resistencia y estabilidad. En el presente estudio, se utilizó el método de compactación “A”, mostrándose en la tabla 19 los resultados según cada calicata, obteniéndose estos valores mediante las curvas de compactación presentadas en la gráfica 04.

Calicata	Muestra	Prof.(m)	Contenido de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca (g/m ³)
C-01	M-01	0.20-1.70	12.28	1.61
C-02	M-02	0.20-1.60	11.38	1.71
C-03	M-03	0.20-1.60	11.19	1.73

Tabla 19: Resultados de prueba proctor modificado en muestras naturales. Fuente: Propia



Gráfica 4: Curva de compactación de muestras naturales. Fuente: Propia

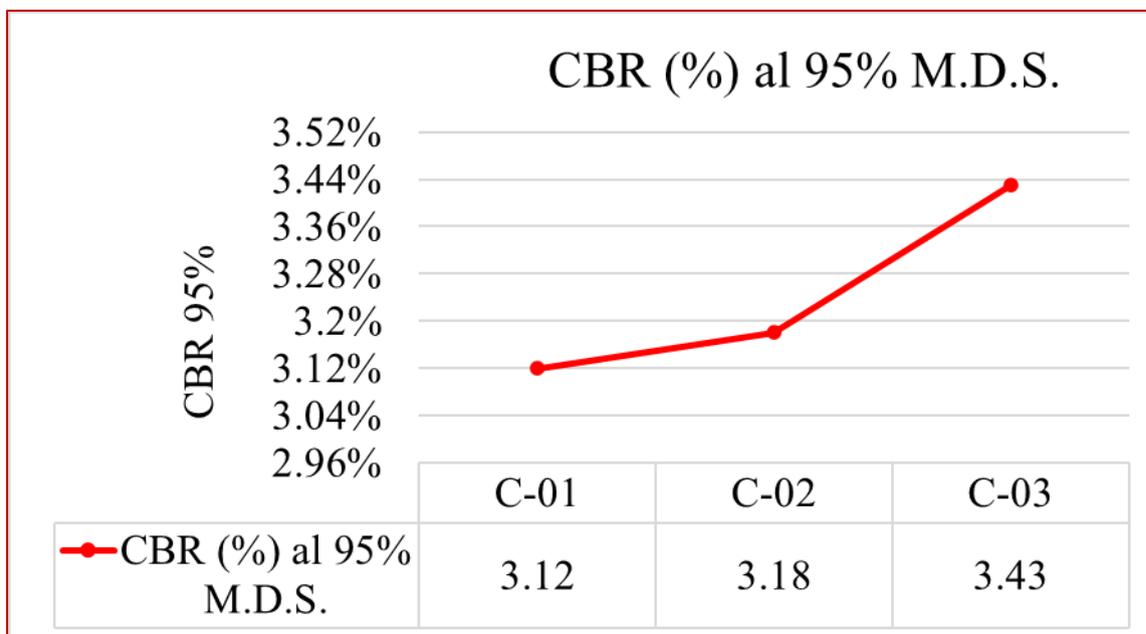
CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) – MUESTRAS NATURALES

El presente ensayo tiene por finalidad cuantificar la resistencia a la penetración que posee el suelo, siendo este desarrollado en base a la norma MTC E-132.

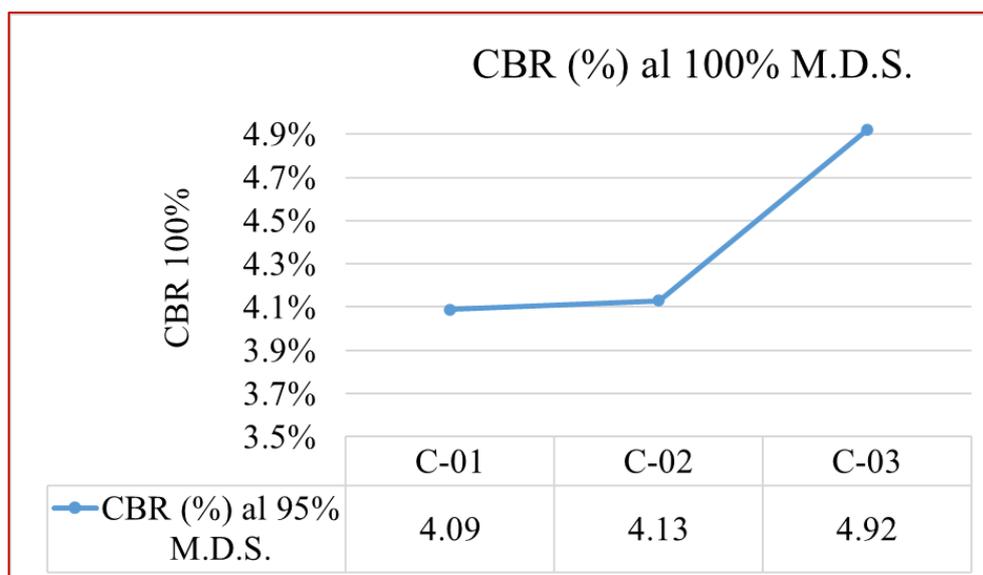
Así mismo, según [20], el valor del CBR estará referenciado para una penetración de 2.54mm (0.1”), mostrándose dicho requerimiento en la tabla 20, estos valores fueron obtenidos mediante las curvas de carga - penetración mostradas en las gráficas 05, 06 y 07.

Calicata	Muestra	Prof.(m)	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) AL 100% M.D.S.
C-01	M-01	0.20-1.70	3.12	4.09
C-02	M-02	0.20-1.60	3.18	4.13
C-03	M-03	0.20-1.60	3.43	4.92

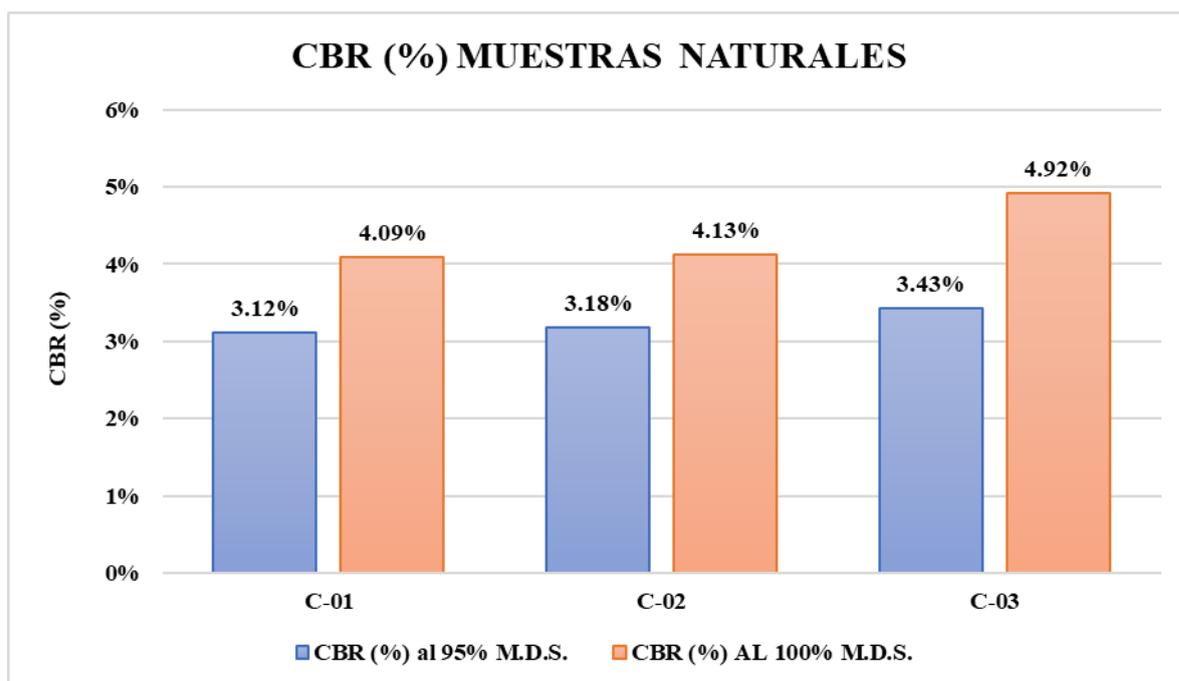
Tabla 20: CBR de muestras naturales. Fuente: Propia



Gráfica 5: CBR AL 95% DE LA MUESTRA NATURAL. Fuente: Propia



Gráfica 6: CBR AL 100% de la muestra natural. Fuente: Propia



Gráfica 7: Comparación del CBR- Muestras naturales. Fuente: Propia

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS CALCAREOS (BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO)

Las conchas de abanico ensayadas, fueron obtenidas del proceso de pulverizado y tamizado explicado anteriormente, en ellas, se desarrollaron los ensayos de contenido de humedad, densidad y composición química por Fluorescencia de Rayos X, presentándose a continuación los resultados obtenidos:

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Humedad	0.43%
Densidad	2.10 g/ml

ANALISIS	RESULTADO%
ELEMENTO	
Calcio (CA)	97.574
Silicio (SI)	0.688
Estroncio (Sr)	0.577
Azufre (S)	0.478
Potasio (k)	0.376
Hierro (Fe)	0.158
Fosforo (P)	0.091
Circonio (Zr)	0.059

Tabla 21: Resultados de ensayos de laboratorio Balbas de las conchas de abanico. Fuente: Propia

ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SUELO MÁS RC

Los ensayos desarrollados en muestras experimentales fueron los siguientes: limite líquido, plástico, índice de plasticidad, Proctor modificado y relación de soporte de california (CBR), desarrollándose esta relación de ensayos por cada calicata, aplicándose las 4 dosificaciones ya establecidas en cada una, para luego, comparar los resultados con los iniciales correspondientes a las muestras naturales, eligiéndose el más óptimo de ellos.

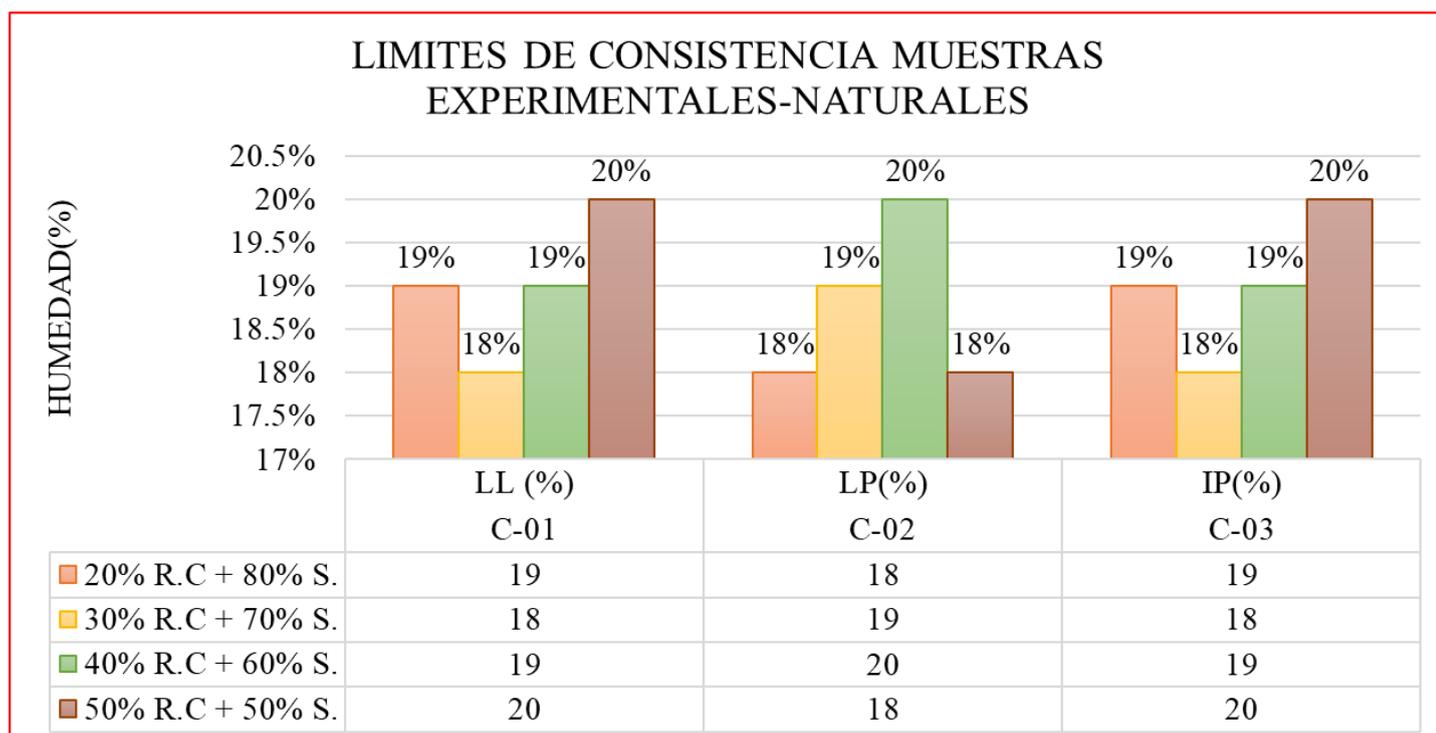
LÍMITES DE CONSISTENCIA - MUESTRAS EXPERIMENTALES C01, C-02,C-03

En la tabla 22 se registran los resultados de límites de consistencia en muestras experimentales C-01, así mismo, en la gráfica 8, se evidencian los cambios producidos en estas propiedades.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	LL (%)	LP(%)	IP(%)
Natural (100% S)	21	22	21
20% R.C + 80% S.	19	18	19
30% R.C + 70% S.	18	19	18
40% R.C + 60% S.	19	20	19
50% R.C + 50% S.	20	18	20

Tabla 22: Límites de consistencia en muestras experimentales C-01, C-02,C-03. Fuente:

Propia



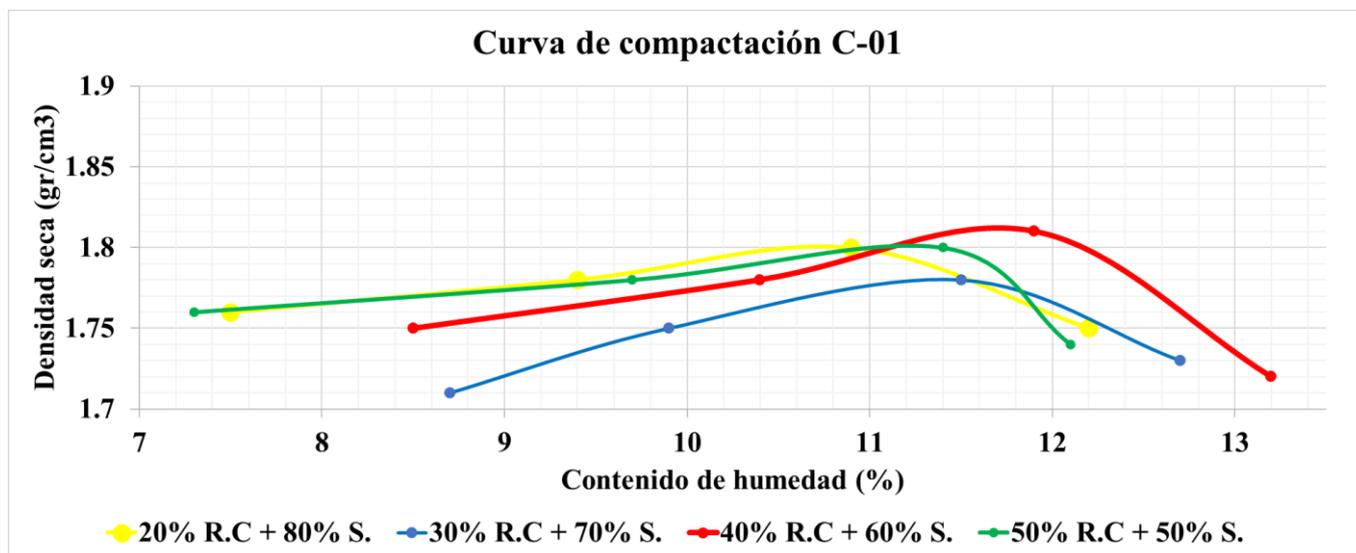
Gráfica 8: Límites de consistencia en muestras experimentales C-01. Fuente: Propia

PROCTOR MODIFICADO - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-01

En la tabla 23 se registran los resultados del ensayo Proctor en muestras experimentales C-01, así mismo, en la gráfica 09, se presentan las curvas de compactación, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-01	
	O.C.H. (%)	M.D.S. (g/cm ³)
Natural (100% S)	12.28	1.61
20% R.C + 80% S.	10.57	1.71
30% R.C + 70% S.	10.42	1.84
40% R.C + 60% S.	10.33	1.98
50% R.C + 50% S.	11.33	1.69

Tabla 23: Proctor modificado en muestras experimentales C-01. Fuente: Propia



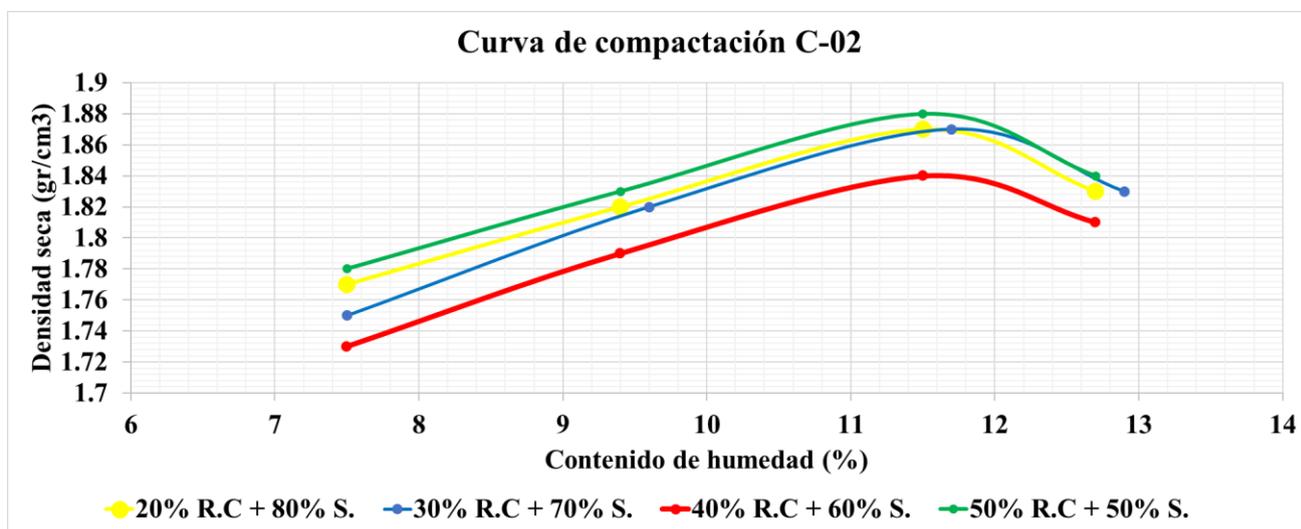
Gráfica 9: Curvas de compactación de muestras experimentales C-01. Fuente: Propia

PROCTOR MODIFICADO - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-02

En la tabla 24 se registran los resultados del ensayo Proctor en muestras experimentales C-02, así mismo, en la gráfica 10, se presentan las curvas de compactación, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-02	
	O.C.H. (%)	M.D.S. (g/cm ³)
Natural (100% S)	11.38	1.71
20% R.C + 80% S.	10.99	1.76
30% R.C + 70% S.	10.64	1.83
40% R.C + 60% S.	10.36	1.96
50% R.C + 50% S.	11.33	1.74

Tabla 24: Proctor modificado en muestras experimentales C-02. Fuente: Propia



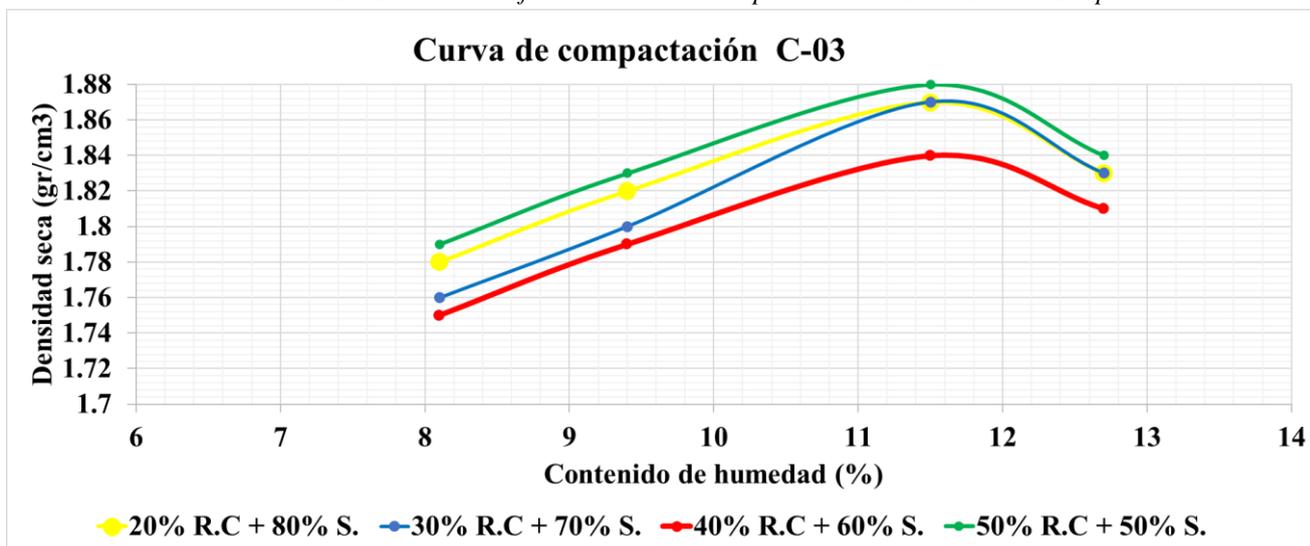
Gráfica 10: Curvas de compactación de muestras experimentales C-02. Fuente: Propia

PROCTOR MODIFICADO - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-03

En la tabla 25 se registran los resultados del ensayo Proctor en muestras experimentales C-03, así mismo, en la gráfica 11, se presentan las curvas de compactación, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-03	
	O.C.H. (%)	M.D.S. (g/cm ³)
Natural (100% S)	11.19	1.73
20% R.C + 80% S.	10.40	1.79
30% R.C + 70% S.	10.29	1.82
40% R.C + 60% S.	10.17	1.93
50% R.C + 50% S.	10.82	1.76

Tabla 25: Proctor modificado en muestras experimentales C-03. Fuente: Propia



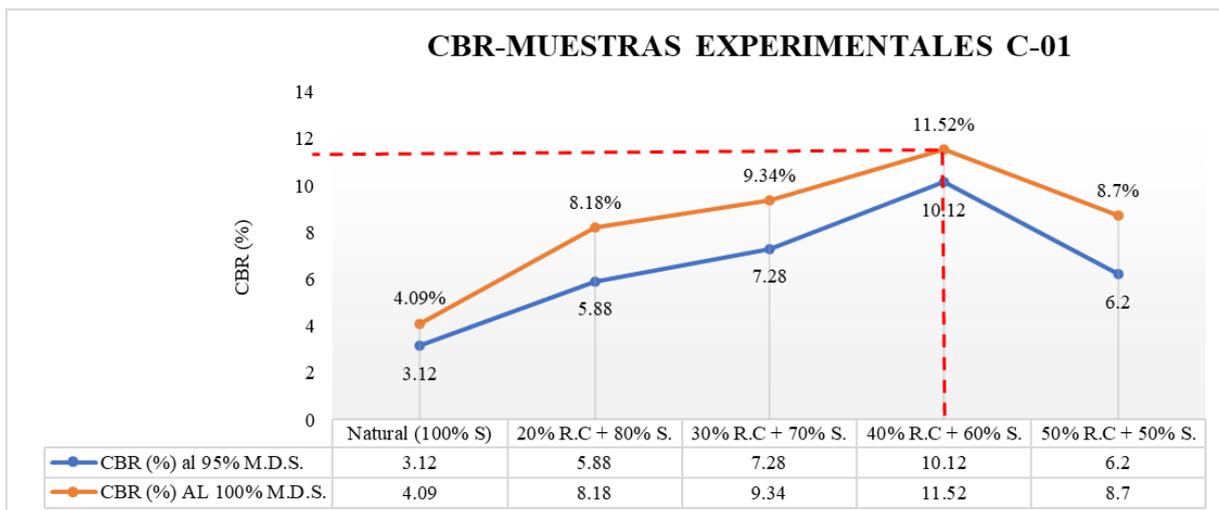
Gráfica 11: Curvas de compactación de muestras experimentales C-03. Fuente: Propia

CAPACIDAD DE SOPORTE - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-01

En la tabla 26, se registran los resultados del ensayo de capacidad de soporte en muestras experimentales C-01, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S., así mismo, en la gráfica 12, se presentan las curvas de carga – penetración, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-01	
	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) AL 100% M.D.S.
Natural (100% S)	3.12	4.09
20% R.C + 80% S.	5.88	8.18
30% R.C + 70% S.	7.28	9.34
40% R.C + 60% S.	10.12	11.52
50% R.C + 50% S.	6.2	8.7

Tabla 26: CBR(%) al 95%M.D.S y 100% M.D.S en muestras experimentales C-01. Fuente: Propia



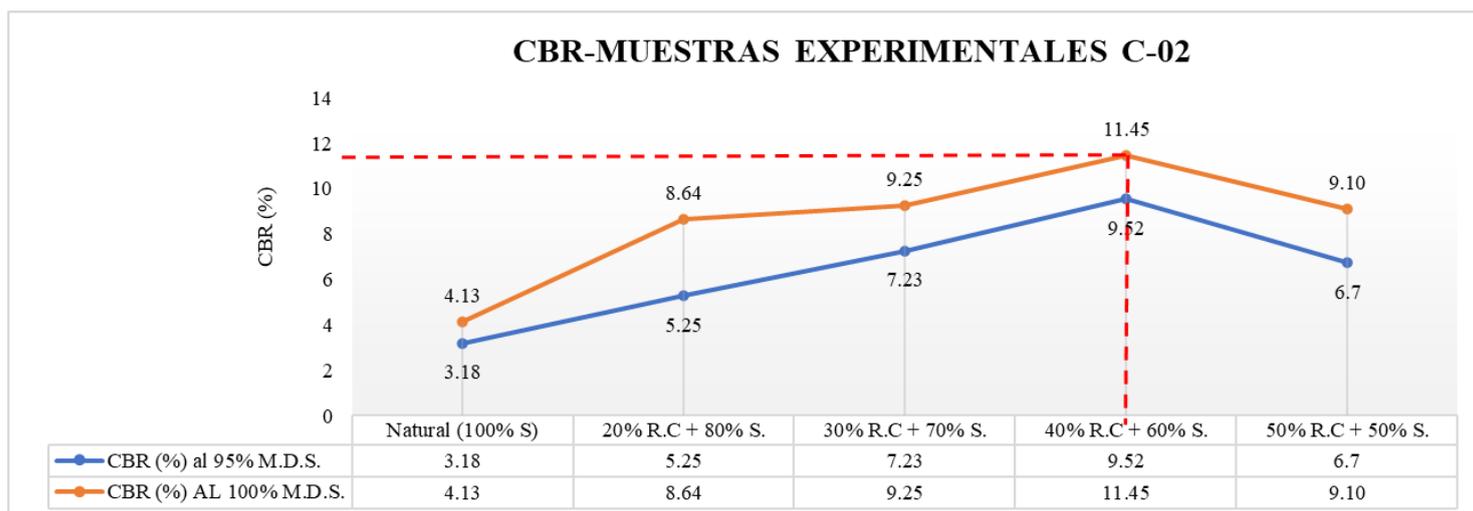
Gráfica 12: CBR al 95% M.D.S y 100% M.D.S de C-01. Fuente: Propia

CAPACIDAD DE SOPORTE - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-02

En la tabla 27, se registran los resultados del ensayo de capacidad de soporte en muestras experimentales C-02, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S., así mismo, en la gráfica 13, se presentan las curvas de carga – penetración, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-02	
	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) AL 100% M.D.S.
Natural (100% S)	3.18	4.13
20% R.C + 80% S.	5.25	8.64
30% R.C + 70% S.	7.23	9.25
40% R.C + 60% S.	9.52	11.45
50% R.C + 50% S.	6.7	9.10

Tabla 27: CBR(%) al 95% M.D.S y 100% M.D.S en muestras experimentales C-02. Fuente: Propia



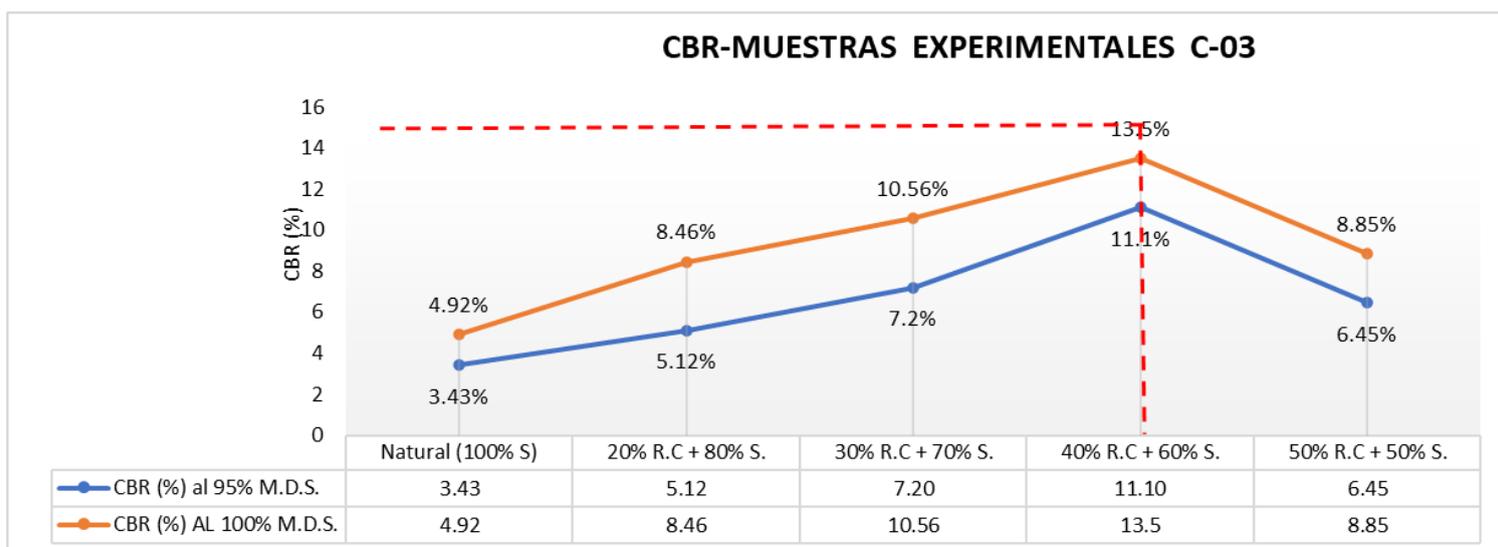
Gráfica 13: CBR al 95% M.D.S y 100% M.D.S de C-02 . Fuente: Propia

CAPACIDAD DE SOPORTE - MUESTRAS EXPERIMENTALES C-03

En la tabla 28, se registran los resultados del ensayo de capacidad de soporte en muestras experimentales C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S., así mismo, en la gráfica 14, se presentan las curvas de carga – penetración, en ellas, se evidencian los cambios producidos en esta propiedad.

DOSIFICACIÓN	C-03	
	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) AL 100% M.D.S.
Natural (100% S)	3.43	4.92
20% R.C + 80% S.	5.12	8.46
30% R.C + 70% S.	7.20	10.56
40% R.C + 60% S.	11.10	13.5
50% R.C + 50% S.	6.45	8.85

Tabla 28: CBR 95% M.D.S Y 100% M.D.S en muestras experimentales C-03. Fuente: Propia



Gráfica 14: CBR 95% M.D.S Y 100% M.D.S C-03. Fuente: Propia

DISCUSIÓN

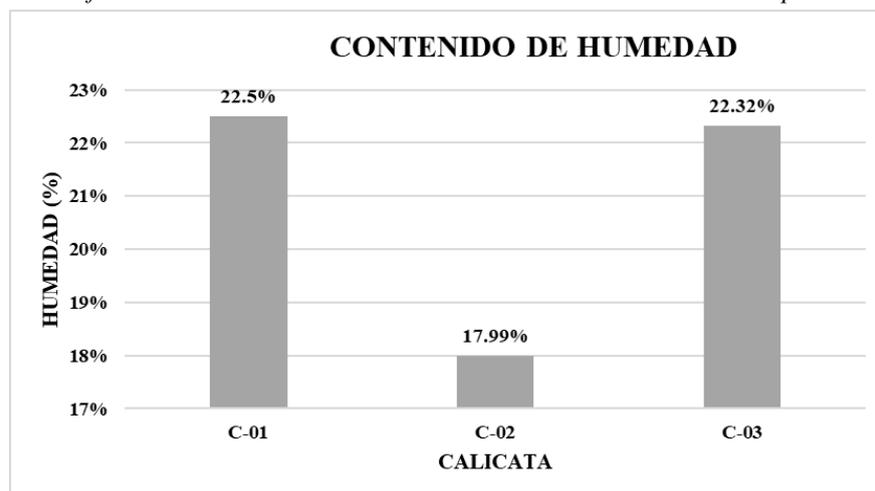
MUESTRAS NATURALES DE SUBRASANTES ARCILLOSAS

Se analizarán e interpretarán los resultados de ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo natural (C-01, C-02 y C-03), siendo dichos ensayos los siguientes: contenido de humedad, granulometría por tamizado, límites de consistencia, Proctor modificado y relación de soporte de california (CBR); de esta manera, se tendrá una mejor concepción de las propiedades físico-mecánicas del suelo extraído.

CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRAS NATURALES

Según [20], nos dice que la humedad natural, así como la densidad del suelo, afectan directamente a su capacidad de resistencia, es por ello la importancia de conocer dichas propiedades, mostrándose a continuación, el contenido de humedad de las muestras naturales analizadas.

Gráfica 15: Contenido de humedad muestras naturales. Fuente: Propia



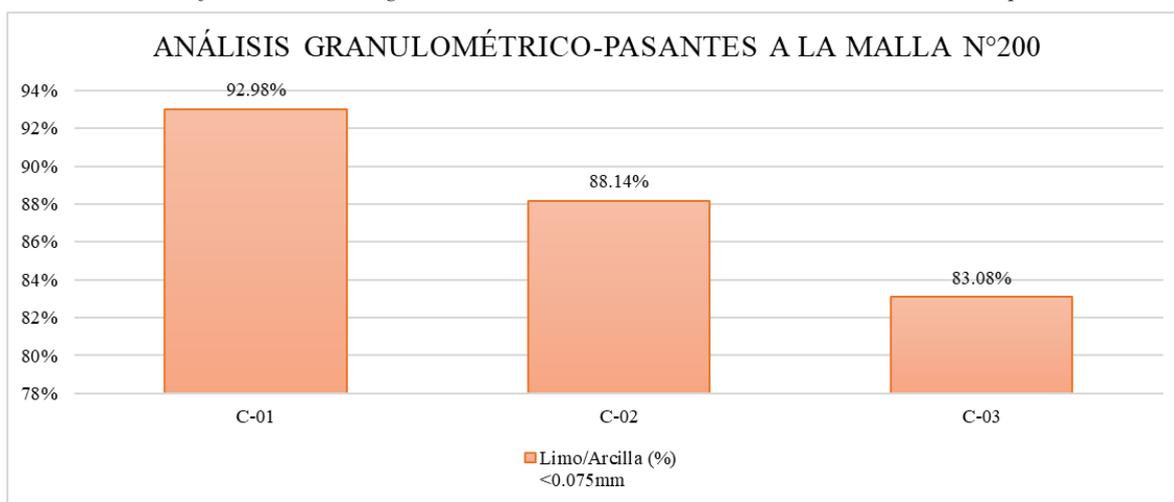
Como se observa en la gráfica 15, el suelo natural de la calicata C-01 presenta un mayor contenido de humedad, teniendo un valor de 22.5%, mientras, la calicata C-02 presenta un menor porcentaje del contenido de la misma, siendo este del 17.99%.

No obstante, según ensayo Proctor modificado, todas las calicatas presentan una humedad natural por encima de la óptima, siendo esto indicio que el suelo se encuentra saturado, por consecuente, como posibles soluciones ante este problema, [20] propone las siguientes: intensificar la energía de compactación, airear el suelo o sustituirlo, cabe recalcar que, la presente propuesta de investigación plantea sustituir parcialmente el suelo por residuos calceros (Balbas de conchas e abanico).

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA - MUESTRAS NATURALES

En base a lo obtenido en los ensayos de granulometría por tamizado como sedimentación, se observa en todas las muestras que, el pasante a la malla N°200 es superior al 80%, lo cual implica, una granulometría muy fina, es decir, predominio de limos y/o arcillas.

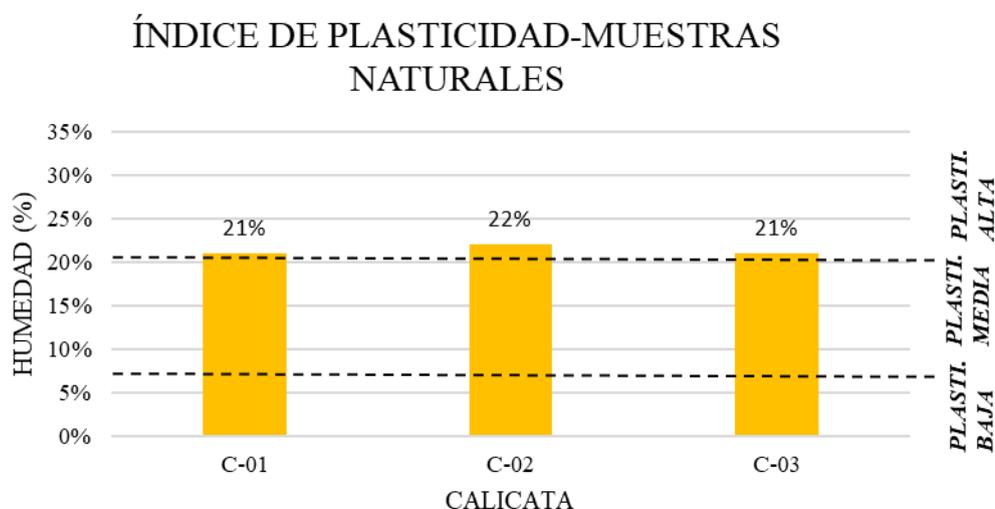
Gráfica 16: Análisis granulométrico – Pasantes a la malla N°200. Fuente: Propia



De los porcentajes observados en la gráfica 16, y, en base a la clasificación por tamaño de partículas establecida por [20], se afirma que, las muestras del suelo natural C-01, C-02 y C-03 se clasifican como arcillas

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MUESTRAS NATURALES

El comportamiento de las arcillas depende de la humedad de las mismas, esta propiedad al variarse genera un cambio en el estado del suelo; alterando su estabilidad, el registro de dichas humedades que ocasionan que el suelo cambie de estado, se les conoce como límites de consistencia [28]. En la presente investigación se muestran en la tabla 17 los resultados obtenidos para las muestras naturales, sin embargo, en la gráfica 17, se hace énfasis en sus índices de plasticidad.



Gráfica 17: Índice de plasticidad – muestras naturales. Fuente: Propia

Como se observa en la gráfica 17 y en base a la clasificación de suelo según su índice plástico (tabla 01) emitido por [20], se afirma que, las muestras naturales de las calicatas C-01, C-02 y C-03, presentan una plasticidad alta, siendo esto característico de suelos muy arcillosos.

CLASIFICACIÓN DE SUELO - MUESTRAS NATURALES

Para clasificar el suelo según la AASHTO y el sistema SUCS, para la presente investigación, se consideró lo siguiente, al poseer todas las muestras una granulometría fina (pasante a la malla N°200 mayor al 50%), fue necesario los ensayos de granulometría por tamizado y límite de consistencia.

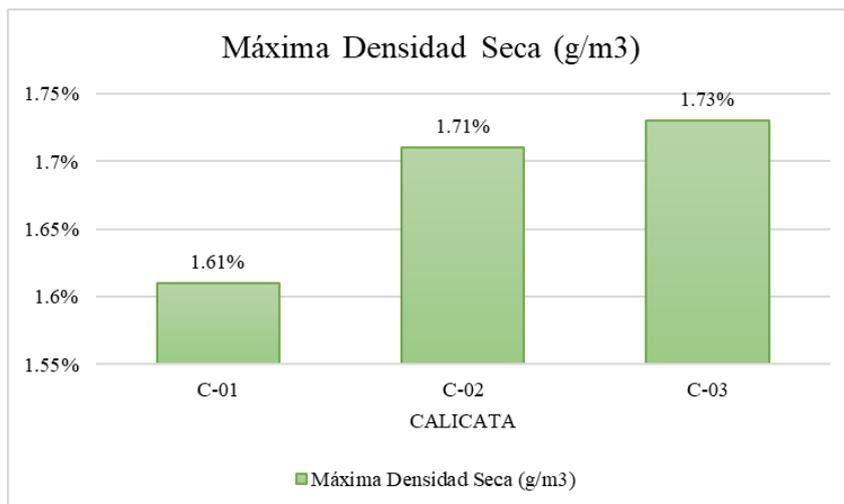
Según la Tabla 22, se aprecia que, la muestra natural de las calicatas C-01, C-02 y C-03 son suelos de alta plasticidad, una arcilla (CL).

La discusión en este apartado corresponde al índice de grupo de cada muestra (IG), según [20] afirman que, al poseer las tres muestras un índice de grupo superior a 9, es de esperarse un desempeño como subrasante muy pobre.

PROCTOR MODIFICADO - MUESTRAS NATURALES

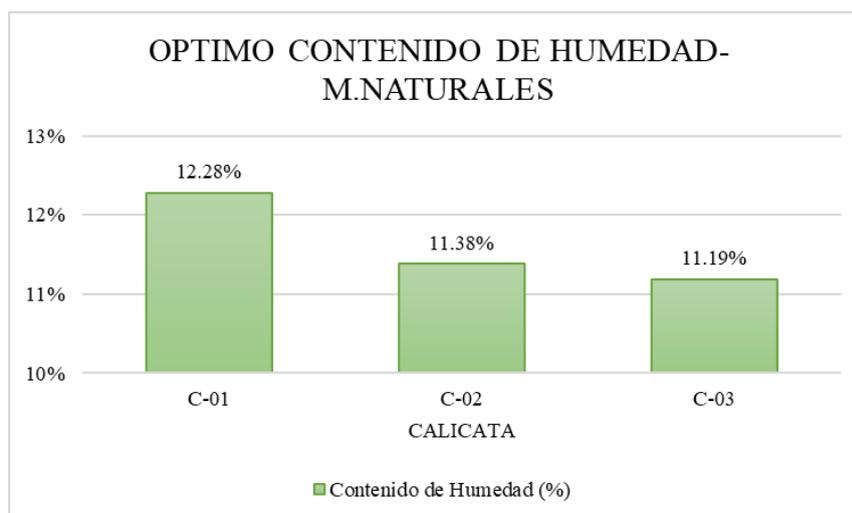
La compactación del suelo, es fundamental en la subrasante donde se asentará un pavimento, pues con este medio, se aumenta la resistencia y disminuye la comprensibilidad del terreno [28].

En la gráfica 18, se observa los valores correspondientes a la máxima densidad seca por cada muestra, obteniéndose el máximo valor de 1.73 g/cm³ para la calicata C-03, mientras, el menor valor de 1.61 g/cm³ para la C-01.



Gráfica 18: Gravedad específica de muestras naturales. Fuente: Propia

Así mismo, en la gráfica 19, se presenta el registro de humedades óptimas por cada calicata, observándose un máximo valor en este parámetro de 12.28% correspondiente a la muestra C-01, mientras, el menor valor es de 11.19% de la C-03.

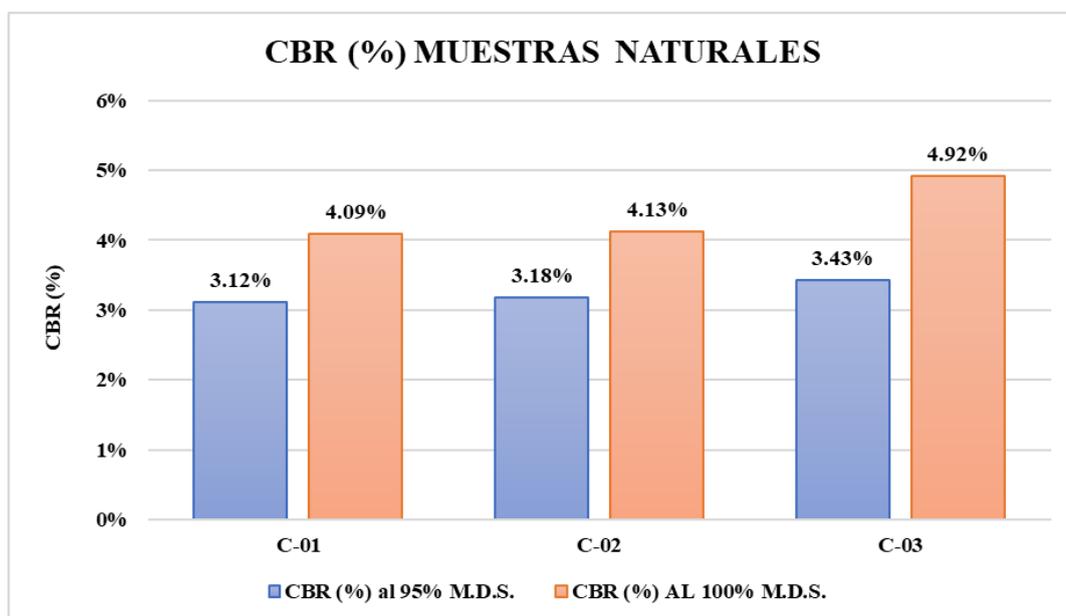


Gráfica 19: Óptimo Contenido de humedad – muestras naturales. Fuente: Propia

Dichos resultados son acordes a lo esperado, pues se cumple la relación, a mayor contenido de humedad, menor densidad seca, del mismo modo, en viceversa; lo antes mencionado se sustenta de la siguiente manera, al incrementar el contenido de humedad, las partículas de agua aumentan, tratando estas de llenar el número de vacíos de aire atrapado, en consecuencia, el suelo presentará un incremento en su fase líquida, disminuyendo la sólida, por tanto, es de esperarse densidades secas inferiores [28].

CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) - MUESTRAS NATURALES

La importancia de este ensayo radica en que se evalúa la resistencia de la subrasante para su uso en pavimentos, dicho valor estará referido para una penetración de 2.54mm (0.1”) según [20], en efecto, en la gráfica 20, se resumen los resultados obtenidos para las muestras naturales analizadas.



Gráfica 20: Capacidad de soporte – muestras naturales. Fuente: Propia

De la gráfica anterior, se observa para un 100% de la M.D.S. del suelo, la calicata C-03 alcanza un valor máximo de CBR del 4.92%, mientras, el menor valor lo alcanza la calicata C-01 con 4.09%; en cuanto al 95% de la M.D.S., se observa que las calicatas C-03 alcanza el valor máximo de 3.43%, mientras, en la calicata C-01 sigue obteniendo el menor valor 3.12%.

Además, de la gráfica 20 se observa que, para un 95% de la M.D.S., las tres muestras de subrasantes arcillosas poseen un $3\% \geq \text{CBR} \leq 7\%$, clasificándose como una subrasante pobre según [20], así mismo, se recomienda en caso se

tenga un suelo de fundación con esta característica, se deberá plantear su mejoramiento; fundamentándose de este modo la propuesta de estabilización a evaluar.

BALBAS DE CONCHAS DE ABANICO

De lo mostrado en la tabla 21, se afirma que, las balbas de las conchas de abanico tratadas poseían una humedad natural de 0.43%, cuya densidad alcanzó los 2.10 g/ml, presentando un contenido total de 97.74 % de calcio (CA), silicio 0.688%, estroncio 0.577%, azufre 0.478%, potasio 0.376%, hierro 0.158%, fósforo 0.091%, circonio 0.059%. Teniendo en cuenta que el calcio es su principal componente.

MUESTRAS EXPERIMENTALES: SUELO MÁS RC

En el presente ítem, se analizarán los resultados de ensayos de laboratorio realizados a las muestras experimentales, para ello, se cuantificará el cambio generado en las propiedades de cada una, esto mediante la relación existente entre los resultados de las combinaciones respecto a la muestra natural; para luego, con los cambios obtenidos, evaluar la influencia de cada estabilizante sobre el suelo, de esta forma, se tendrá un mejor criterio en la selección del porcentaje más favorable y el menos desfavorable, a continuación, se desarrollará lo antes mencionado en las propiedades de interés (LL, LP, IP, OCH, MDS y CBR).

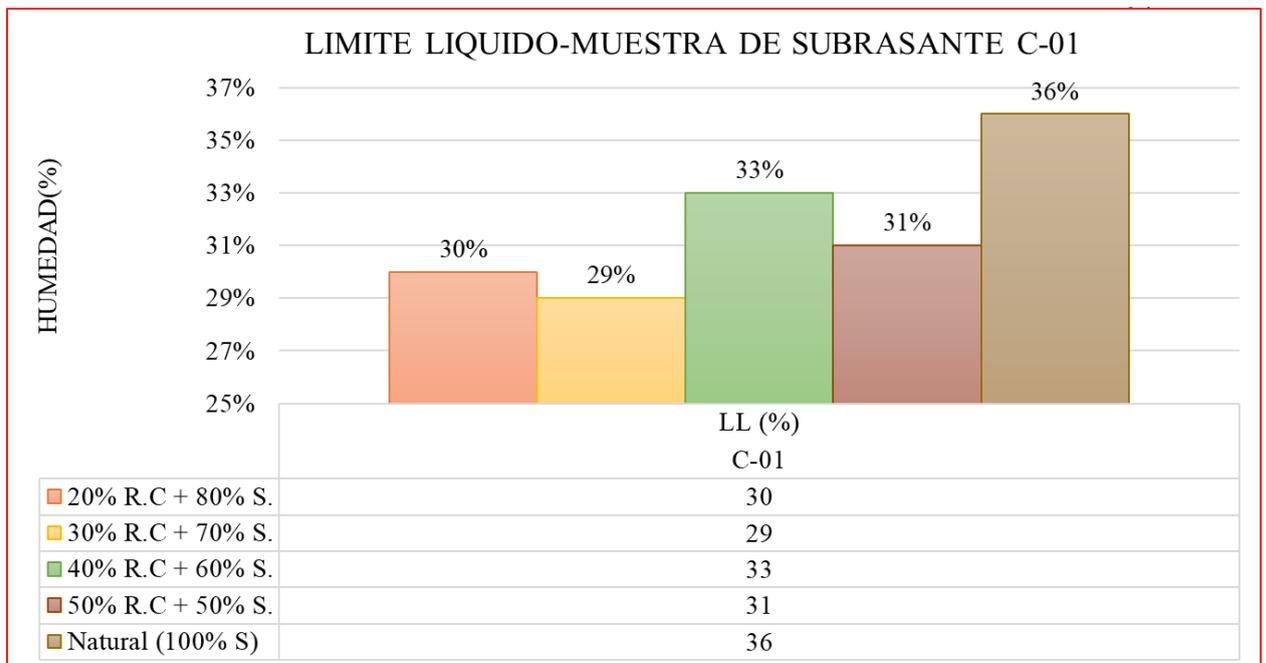
LÍMITE LÍQUIDO

En la tabla 29 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y combinación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	LL (%)	LL(%)	LL(%)
Natural (100% S)	36	37	37
20% R.C + 80% S.	30	28	28
30% R.C + 70% S.	29	29	29
40% R.C + 60% S.	33	34	32
50% R.C + 50% S.	31	32	34

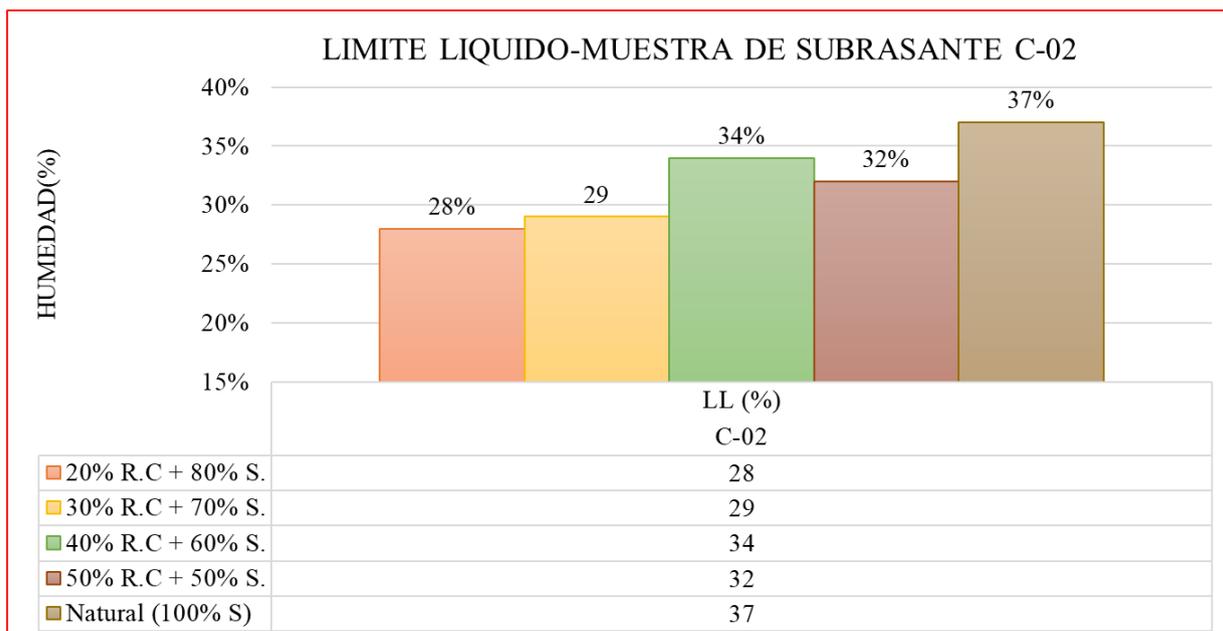
Tabla 29: Límite líquido (%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar las gráficas 21, 23 y 24, en base a ellas, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.



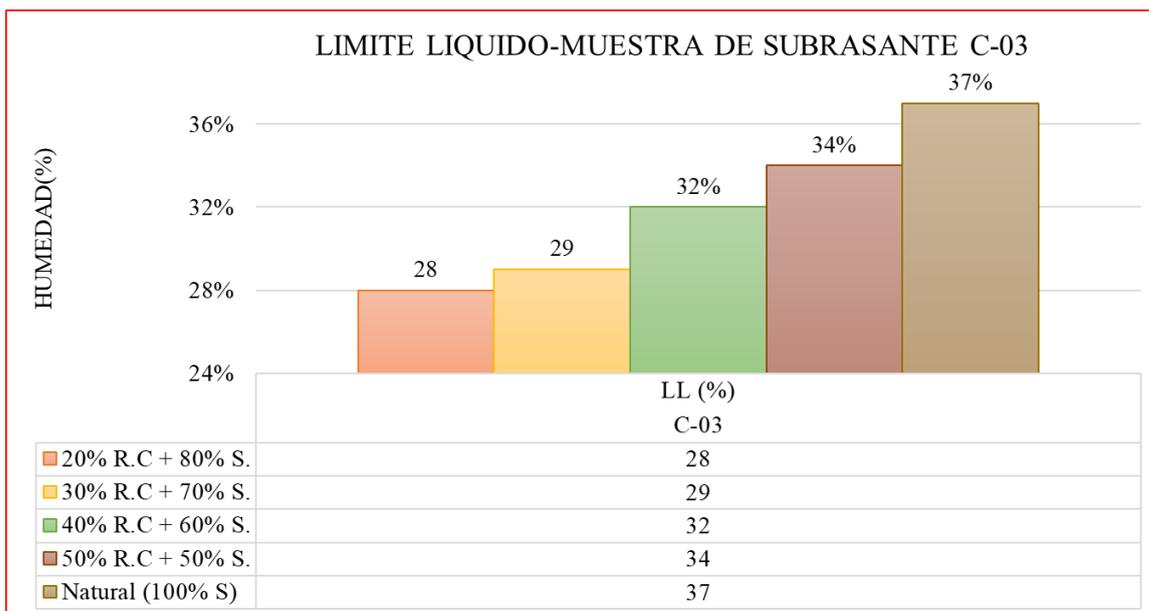
Gráfica 21: Límite líquido en muestras de subrasante C-01. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LL (%) se reduce a 6 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LL (%) se reduce a 7 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LL (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LL (%) se reduce a 5 veces respecto la muestra natural.



Gráfica 22: Límite líquido en muestras de subrasante C-02. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LL (%) se reduce a 9 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LL (%) se reduce a 8 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LL (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LL (%) se reduce a 5 veces respecto la muestra natural.



Gráfica 23: Límite líquido en muestras de subrasante C-03. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LL (%) se reduce a 9 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LL (%) se reduce a 8 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LL (%) se reduce a 4 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LL (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.

Como se aprecia en las gráficas 32, 33 y 34, para las muestras experimentales C-01, C-02 y C.03, se observa que al aumentar el contenido de RC, es decir, al pasar de 20% ,30% 40% Y 50%, los resultados obtenidos son muy variados, lo cual implica que si existe una reducción constante del LL (%).

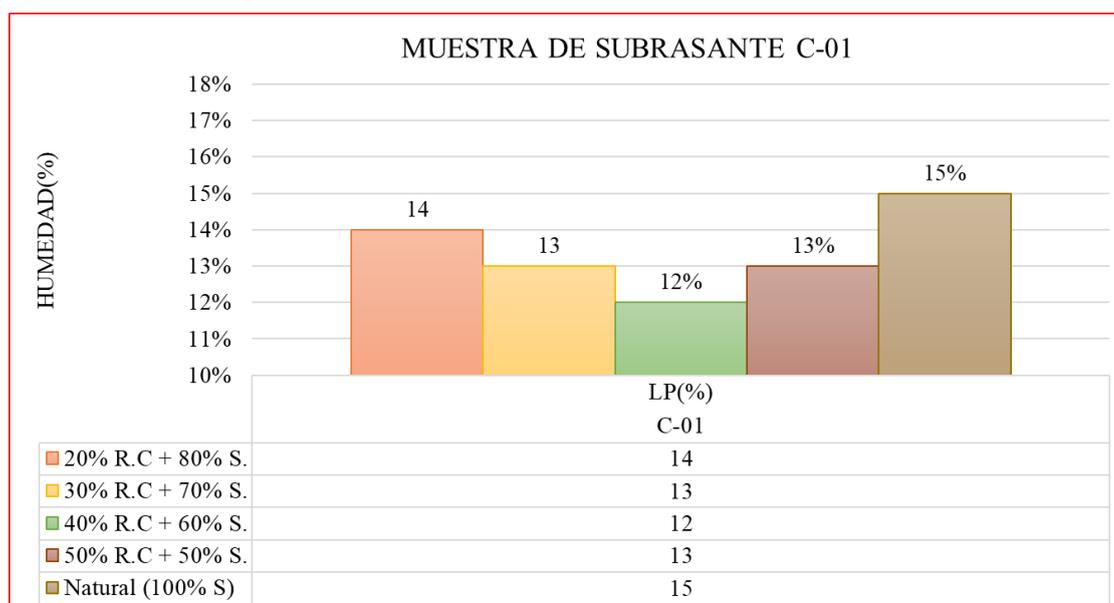
LÍMITE PLÁSTICO

En la tabla 30 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	LP (%)	LP (%)	LP (%)
Natural (100% S)	15	15	16
20% R.C + 80% S.	14	15	16
30% R.C + 70% S.	13	14	15
40% R.C + 60% S.	12	13	14
50% R.C + 50% S.	13	13	12

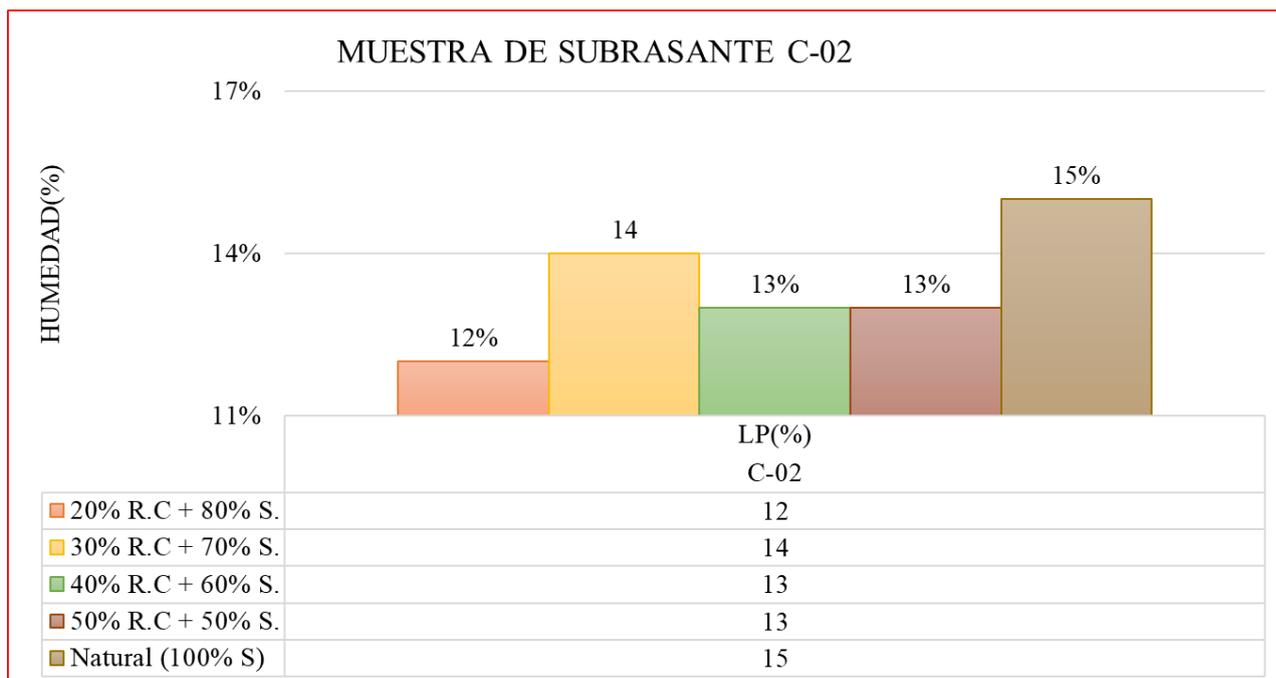
Tabla 30: Límite plástico (%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar las gráficas 24, 25 y 26, en base a ellas, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.



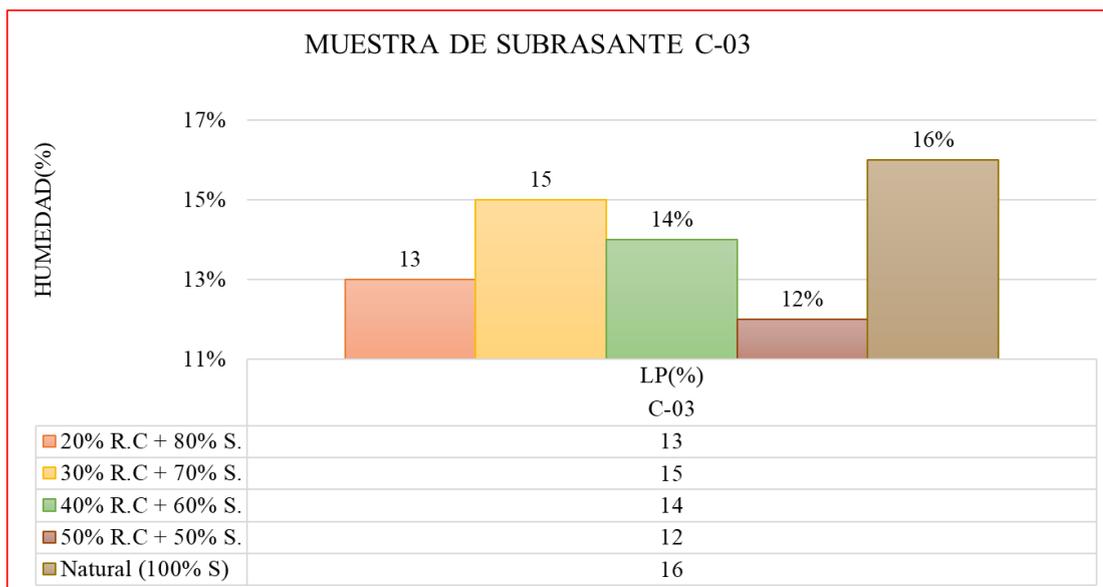
Gráfica 24: Límite plástico en muestras de subrasante C-01. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LP (%) se reduce a 1 vez respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LP (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.



Gráfica 25: Límite plástico en muestras de subrasante C-02. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LP (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LP (%) se reduce a 1 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.



Gráfica 26: Límite plástico en muestras de subrasante C-03. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el LP (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el LP (%) se reduce a 1 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el LP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el LP (%) se reduce a 4 veces respecto la muestra natural.

Como se aprecia en las gráficas 24, 25 y 26, para las muestras experimentales C-01, C-02 y C.03, se observa que, al aumentar el contenido de RC, es decir, al pasar por los diferentes porcentajes, los resultados obtenidos tienden a disminuir, lo cual implica que existe una ligera reducción del LP (%).

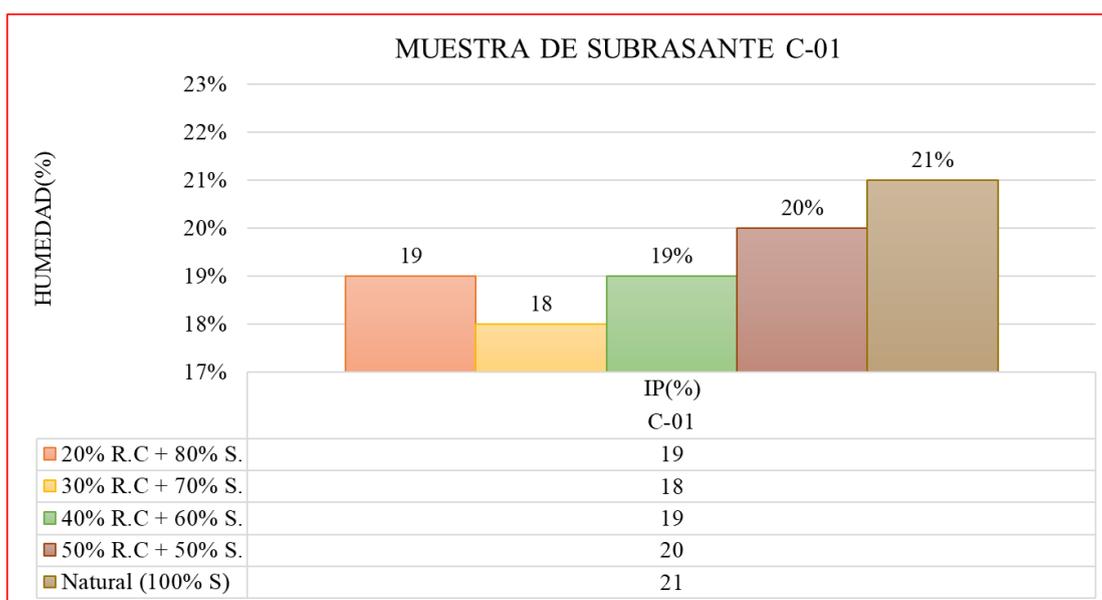
ÍNDICE DE PLASTICIDAD

En la tabla 31 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	IP(%)	IP(%)	IP(%)
Natural (100% S)	21	22	21
20% R.C + 80% S.	19	18	19
30% R.C + 70% S.	18	19	18
40% R.C + 60% S.	19	20	19
50% R.C + 50% S.	20	18	20

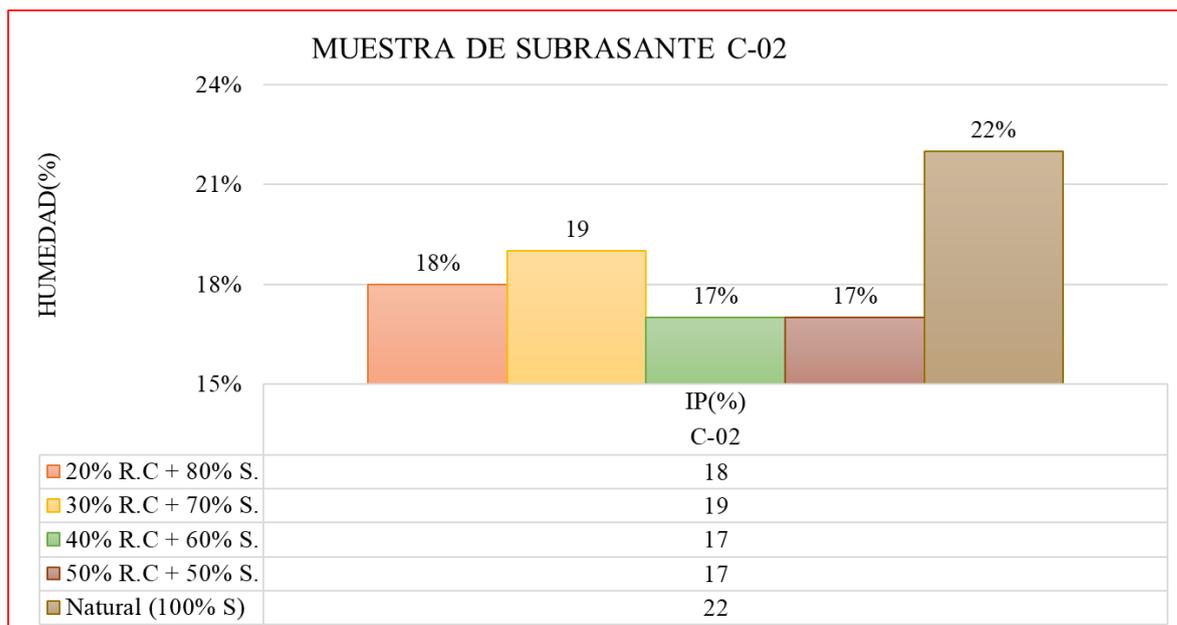
Tabla 31: Índice plástico(%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar las gráficas 27, 28 y 29, en base a ellas, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.



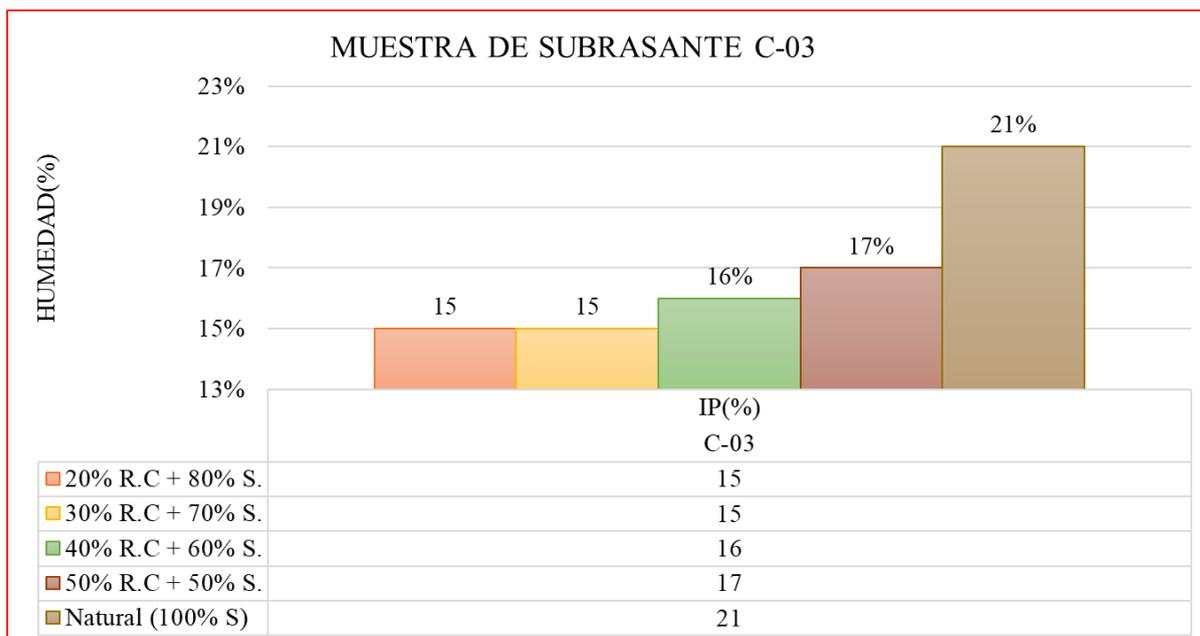
Gráfica 27: Índice plástico en muestras de subrasante C-01. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el IP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el IP (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el IP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el IP (%) se reduce a 1 veces respecto la muestra natural



Gráfica 28: Índice plástico en muestras de subrasante C-02. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el IP (%) se reduce a 3 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el IP (%) se reduce a 2 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el IP (%) se reduce a 5 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el P (%) se reduce a 5 veces respecto la muestra natural.



Gráfica 29: Índice plástico en muestras de subrasante C-03. Fuente: Propia

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el IP (%) se reduce a 6 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el IP (%) se reduce a 6 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el IP (%) se reduce a 5 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el IP (%) se reduce a 4 veces respecto la muestra natural.

Como se aprecia en las gráficas 27,28,29, para las muestras experimentales C-01 , C-02 y C-03 se observa que al aumentar el contenido de RC, es decir, al pasar de 20%,30%, 40% Y 50% , el cambio cuantificado disminuye, lo cual indica una reducción en el índice plástico de forma constante.

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

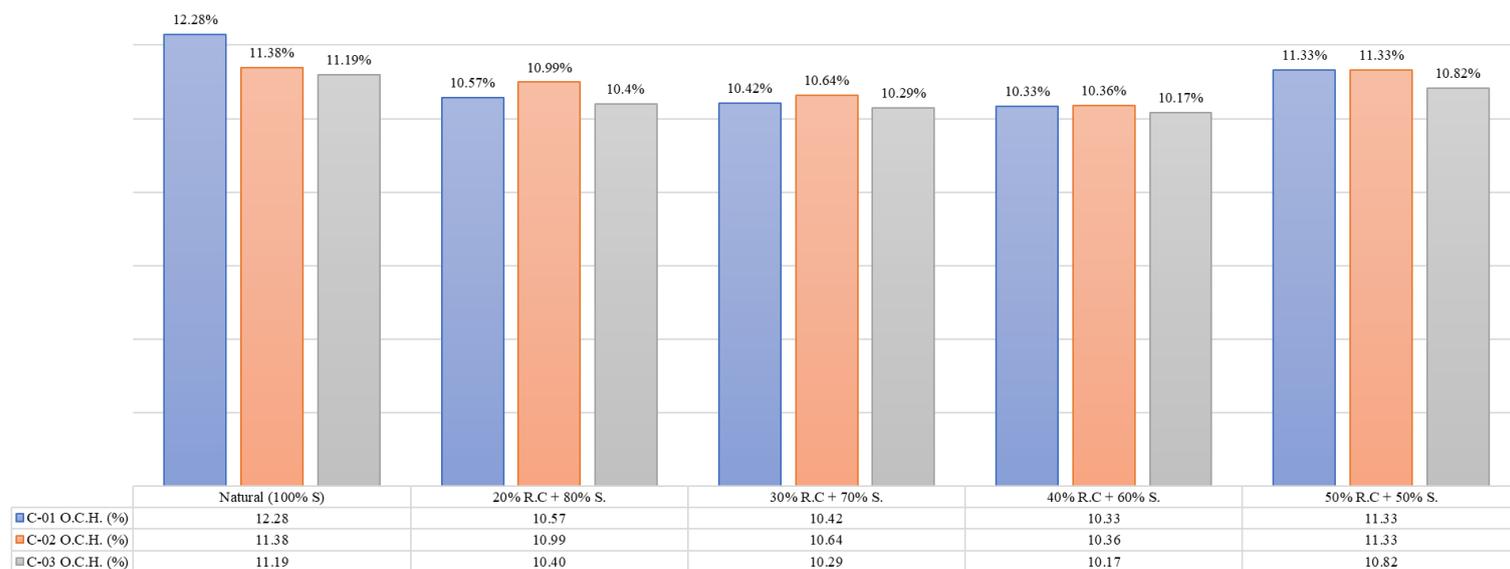
En la tabla 32 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	O.C.H. (%)	O.C.H. (%)	O.C.H. (%)
Natural (100% S)	12.28	11.38	11.19
20% R.C + 80% S.	10.57	10.99	10.40
30% R.C + 70% S.	10.42	10.64	10.29
40% R.C + 60% S.	10.33	10.36	10.17
50% R.C + 50% S.	11.33	11.33	10.82

Tabla 32: OCH (%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar la gráfica 30, en base a ella, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.

HUMEDAD OPTIMA DE MUESTRAS NATURALES Y EXPERIMENTALES



Gráfica 30: Óptimo contenido de humedad en muestras de subrasante C-01-C02 Y C-03. Fuente: Propia

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD C-01

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el OCH (%) se reduce a 1.71 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el OCH (%) se reduce a 1.86 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el OCH (%) se reduce a 1.95 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el OCH (%) se reduce 0.95 veces respecto la muestra natural.

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD C-02

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el OCH (%) se reduce a 0.39 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el OCH (%) se reduce a 0.74 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el OCH (%) se reduce a 1.02 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el OCH (%) se reduce a 0.05 veces respecto la muestra natural

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD C-03

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el OCH (%) se reduce a 0.76 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el OCH (%) se reduce a 0.9 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el OCH (%) se reduce a 1.02 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el OCH (%) se reduce a 0.37 veces respecto la muestra natural

Como se aprecia en las gráfica 30, para todas las muestras experimentales C-01, C02 y C-03, se observa que, al incrementarse la cantidad de RC, los cambios generados en el OCH (%) tienden a ser variados. Sin embargo, existe una

tendencia mucho más visible con el incremento de RC, pues en base a lo cuantificado, se percibe una reducción constante en el porcentaje de humedad óptima.

MÁXIMA DENSIDAD SECA

En la tabla 33 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

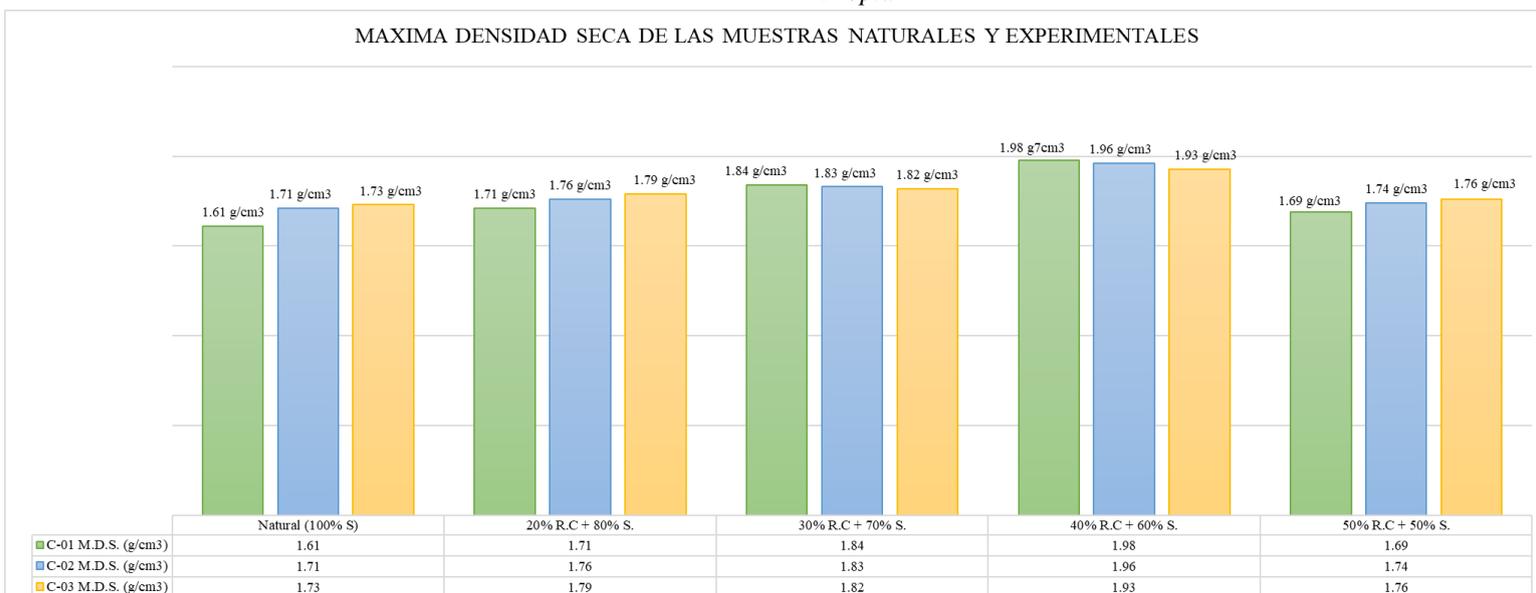
DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	M.D.S. (g/cm ³)	M.D.S. (g/cm ³)	M.D.S. (g/cm ³)
Natural (100% S)	1.61	1.71	1.73
20% R.C + 80% S.	1.71	1.76	1.79
30% R.C + 70% S.	1.84	1.83	1.82
40% R.C + 60% S.	1.98	1.96	1.93
50% R.C + 50% S.	1.69	1.74	1.76

Tabla 33: M.D.S. (g/cm³) de todas las muestras analizadas. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar la gráfica 31, en base a ella, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.

Gráfica 31: Máxima densidad seca en muestras de subrasante C-01, C-02 Y C-03. Fuente:

Propia



MAXIMA DENSIDAD SECA C-01

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.10 veces respecto la muestra natural.

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.23 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.37 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el OCH (%) se aumentó 0.08 veces respecto la muestra natural.

MAXIMA DENSIDAD SECA C-02

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.05 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.12 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.25 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.03 veces respecto la muestra natural

MAAXIMA DENSIDAD SECA C-03

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC+ 80%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.06 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.09 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.20 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el M.D.S (%) se aumentó a 0.03 veces respecto la muestra natural

Como se aprecia en la gráfica 44, para todas las muestras experimentales C-01, C02 y C-03, se observa que, al incrementarse la cantidad de RC, los cambios generados en la MDS (g/cm³) tienden a ser ligeramente ascendentes, lo cual implica el incremento de esta propiedad, no obstante, existen cambios más pronunciados al incrementar el contenido de RC, percibiéndose un aumento constante en la máxima densidad seca.

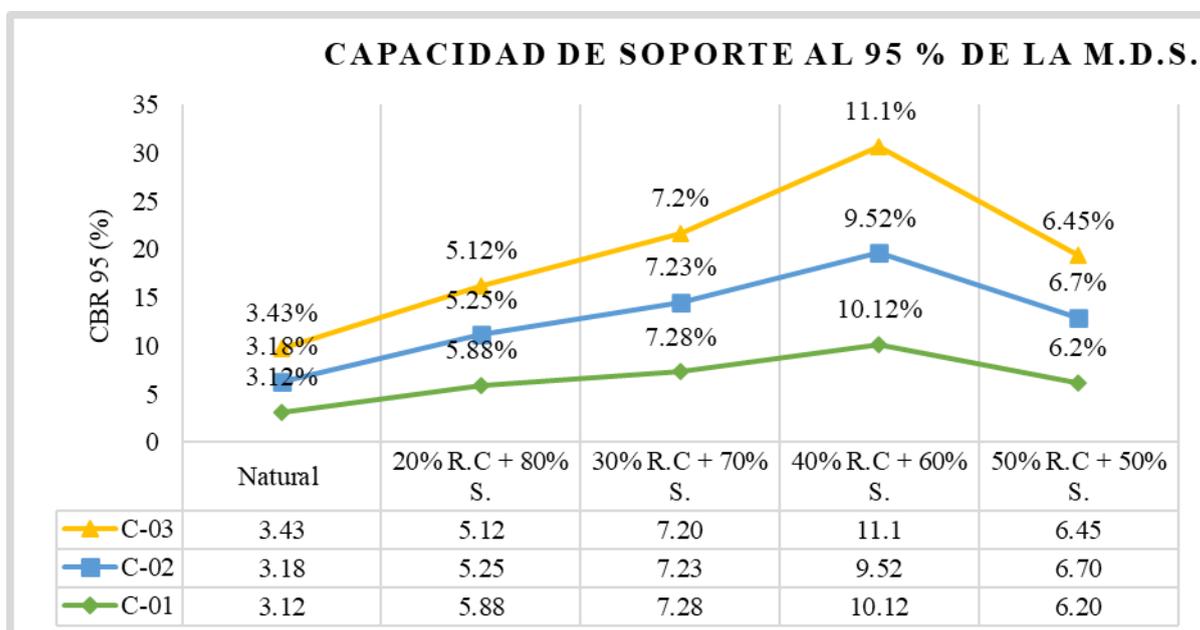
CAPACIDAD DE SOPORTE AL 95% DE LA M.D.S.

En la tabla 34 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) al 95% M.D.S.
Natural (100% S)	3.12	3.18	3.43
20% R.C + 80% S.	5.88	5.25	5.12
30% R.C + 70% S.	7.28	7.23	7.20
40% R.C + 60% S.	10.12	9.52	11.1
50% R.C + 50% S.	6.20	6.70	6.45

Tabla 34: CBR (%) en todas las muestras analizadas al 95% de su M.D.S. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar la gráfica 32, en base a ellas, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.



Gráfica 32: CBR (95% de la MDS) en muestras de subrasante C-01, C.02 y C-03. Fuente:

Propia

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-01

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 2.76 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 4.16 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 7 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 3.08 veces respecto la muestra natural.

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-02

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 2.07 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 4.05 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 6.34 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 3.52 veces respecto la muestra natural.

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-03

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 1.69 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 3.77 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 7.67 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (95% MDS) aumentó en 3.02 veces respecto la muestra natural.

Como se aprecia en la gráfica 47, al aumentar el contenido de RC para las muestras experimentales C-01, C-02 y C.03, se perciben cambios favorables, pues la capacidad de soporte del suelo tiende a incrementarse al 40% RC, sin embargo, el incremento de RC del 50% resulta perjudicial, se registraron cambios pronunciados en el CBR, pues en todas las muestras analizadas, con este porcentaje tiende a bajar su capacidad de soporte.

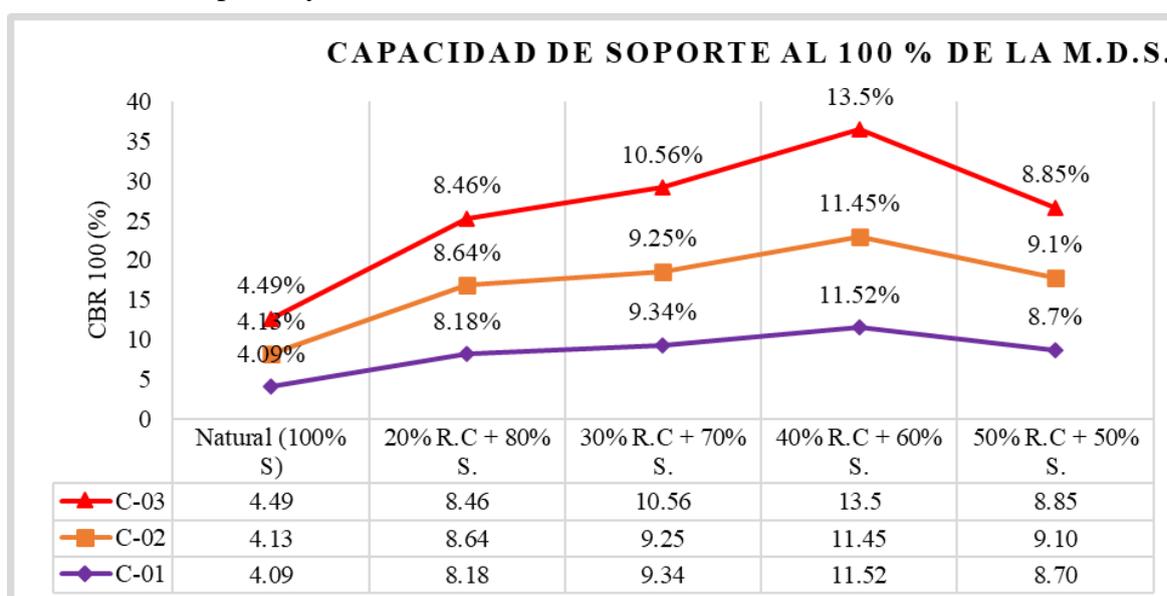
CAPACIDAD DE SOPORTE AL 100% DE LA M.D.S.

En la tabla 35 se muestran los resultados correspondientes a esta propiedad, registrándolos según sea la calicata y dosificación empleada.

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	CBR (%) al 100% M.D.S.	CBR (%) al 100% M.D.S.	CBR (%) al 100% M.D.S.
Natural (100% S)	4.09	4.13	4.49
20% R.C + 80% S.	8.18	8.64	8.46
30% R.C + 70% S.	9.34	9.25	10.56
40% R.C + 60% S.	11.52	11.45	13.5
50% R.C + 50% S.	8.70	9.10	8.85

Tabla 35: CBR en todas las muestras analizadas al 100% de su M.D.S. Fuente: Propia

Con los datos presentados, se procedió a realizar la gráfica 33, en base a ellas, se cuantificarán los cambios generados en las muestras ensayadas, así mismo, se comparará y evaluará los resultados obtenidos.



Gráfica 33: CBR (100% de la MDS) en muestras de subrasante C-01. Fuente: Propia

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-01

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 4.09 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 5.25 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 7.43 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 4.61 veces respecto la muestra natural.

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-02

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 4.51 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 5.12 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 7.32 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 4.97 veces respecto la muestra natural.

CAPACIDAD DE SOPORTE M.D.S. C-03

- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 20%RC + 80%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 3.97 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 30%RC + 70%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 6.07 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 40%CAR + 60%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 9.01 veces respecto la muestra natural.
- ❖ Cambio cuantificado de la combinación 50%CAR + 50%S: el CBR (100% MDS) aumentó en 4.36 veces respecto la muestra natural.

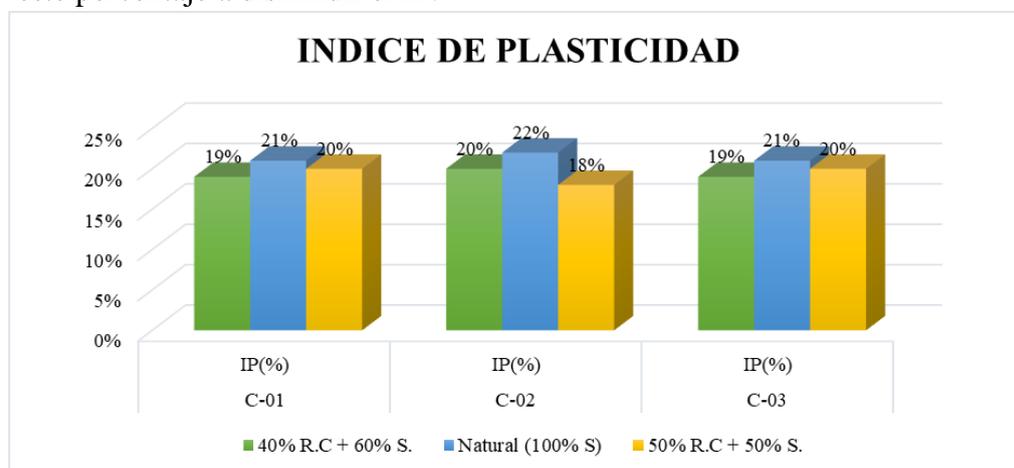
Como se aprecia en la gráfica 50, para todas las muestras experimentales C-01, C-02 y C-03, se observa que, al aumentar la cantidad de RC más de un 50%, de este existe cambios desfavorables sobre el CBR, pues este tiende a disminuir; no obstante, al aumentar el contenido óptimo de RC es de 40%, donde se percibe un incremento en la capacidad de soporte del suelo.

SELECCIÓN DE LA COMBINACIÓN FAVORABLE Y DESFAVORABLE

En base a la cuantificación de cambios desarrollados se observó que, los RC influyen en las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelo analizadas, sin embargo, los cambios que estas generan son muy variados, no obstante, tienden a generar cambios favorables mucho más notorios a medida que se incrementa su contenido hasta en un cierto límite.

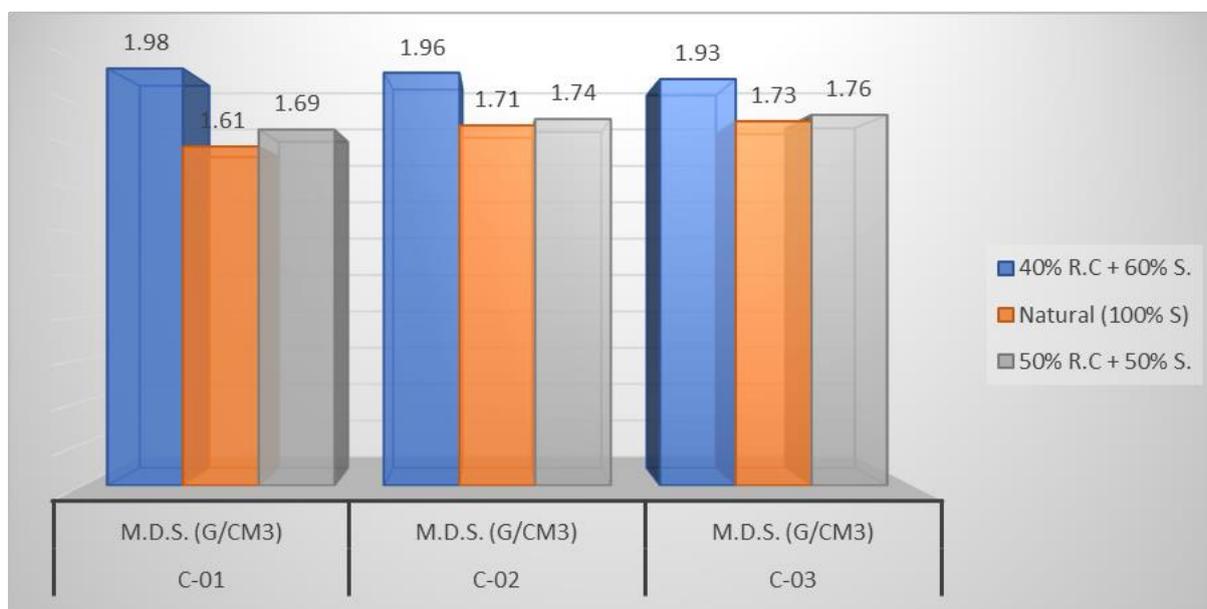
Bajo este enfoque, se seleccionó la combinación favorable, siendo esta del 40%RC + 60S%, y así mismo la más desfavorable 50%RC+50%S. analizándose para su selección, las siguientes propiedades de muestras arcillosas: plasticidad, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y valor de soporte californiano.

Respecto a su (IP) con estos porcentajes, ambos porcentajes favorable y desfavorable influye en la disminución del 2% hasta el 3% de la muestra natural, así mismo, según [20], lo que se busca es disminuir el valor de este parámetro, pues así, se reducirá la sensibilidad ante el agua que tendrá el suelo al desempeñarse como subrasante, volviéndolo de esta manera, mucho más estable, es por ello que, en base a la gráfica 34, afirmamos lo siguiente, pues existe una tendencia en las combinaciones que contienen este porcentaje a disminuir el IP.



Gráfica 34: índice de plasticidad en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03. Fuente: Propia

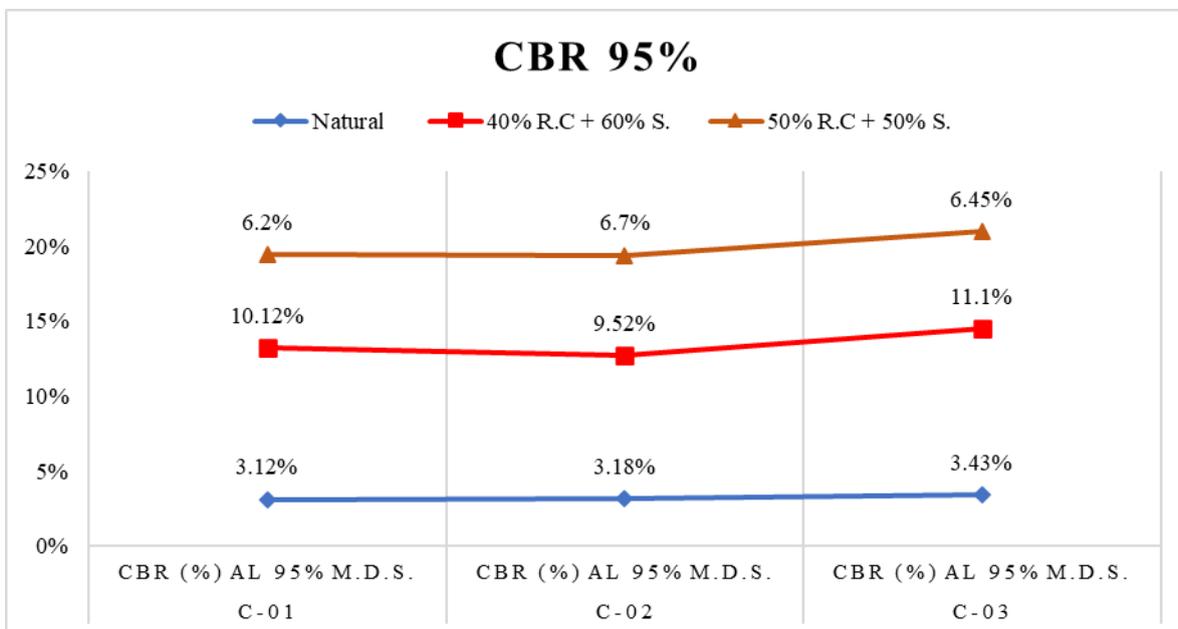
En cuanto a la máxima densidad seca, se ve en el gráfico 35, que el contenido favorable es del 40%RC, ocasionando un incremento en esta propiedad, así mismo, conforme asciende este parámetro, desciende el óptimo contenido de humedad, generando cambios ligeramente beneficios en la MDS, por otro lado, la mas desfavorable del 50% comienza a disminuir notablemente el M.D.S y comienza aumentar su optimo contenido de humedad.



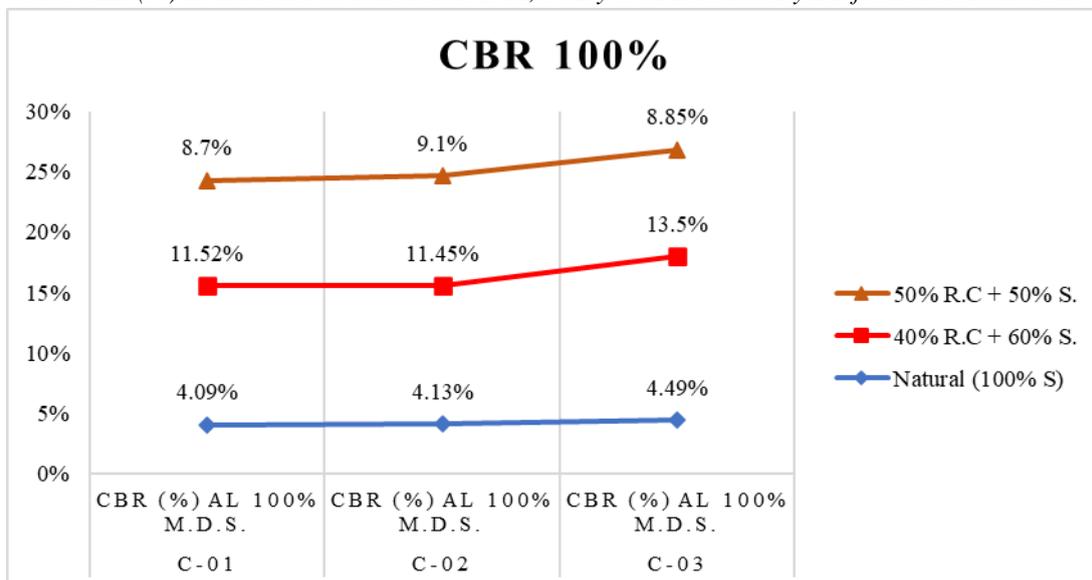
Gráfica 35: Máxima densidad seca en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03. Fuente: Propia

En tanto, para analizar el valor de soporte californiano según [20], indica que este parámetro es el más importante en subrasantes, pues su incremento conlleva en el diseño de pavimento a una reducción en el espesor de capa, mostramos los resultados de CBR para el porcentaje favorable y desfavorable en las gráficas 36 y 37; apreciándose que, para las combinación con 40%RC notamos un incremento ascendente en el CBR al 95%, por consiguiente, el porcentaje desfavorable 50% notamos un descenso notorio que al aumentar cantidades mayores esta será aún más desfavorable.

El CBR al 100%, se aprecia que, el porcentaje favorable de 40%RC + 60%S, alcanzo un incremento superior a 7.43%, 7.32% y 9.01% veces su valor natural en todas las muestras (C-01, C-02 y C-03), quedando determinado de esta forma el porcentaje óptimos y más favorable del estabilizante, mientras el porcentaje desfavorable de 50%RC+50%S, decreció en 2.82%, 2.35% y 4.65% del porcentaje favorable acercándose al CBR de la muestra natural, quedando determinado que de esta forma como el porcentaje desfavorable.



Gráfica 36: CBR (%) en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03 Favorable y Desfavorable. Fuente: Propia



Gráfica 37: CBR (%) en muestras de subrasante C-01, C-02 y C-03 mas favorable y Desfavorable. Fuente: Propia

EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este apartado, se analizó la rentabilidad económica de la propuesta de estabilización investigativa, la cual determina en incorporar al suelo agregados de RC (RESIDUOS CALCAREOS)

Para la realización del análisis, se tuvo que fijar otra técnica que de igual forma solucione la problemática del suelo, con el fin de realizar una comparativa entre ambas propuestas.

En base a los ensayos de laboratorio desarrollados, se observó que, todas las muestras naturales de subrasantes arcillosas alcanzaban un $CBR (95\%) \geq 3$ (subrasante pobre), así mismo, presenta una plasticidad alta, con un IP (21%, 22%,21%), además, se encontraban con una humedad natural por encima de la óptima (según ensayo Proctor), por ende, según [20], propone como una posible solución ante dichas condiciones, sustituir completamente el suelo, siendo el Over el material sustituto comúnmente utilizado ante una estabilización.

En razón a esto, se realizó una comparativa entre los costos que conllevará el mejoramiento a nivel de subrasante por el método tradicional (Estabilización con Over), versus, la estabilización con la combinación óptima determinada, la cual contenía RC (Residuos Calcáreos), para ello, se desarrollaron dos análisis:

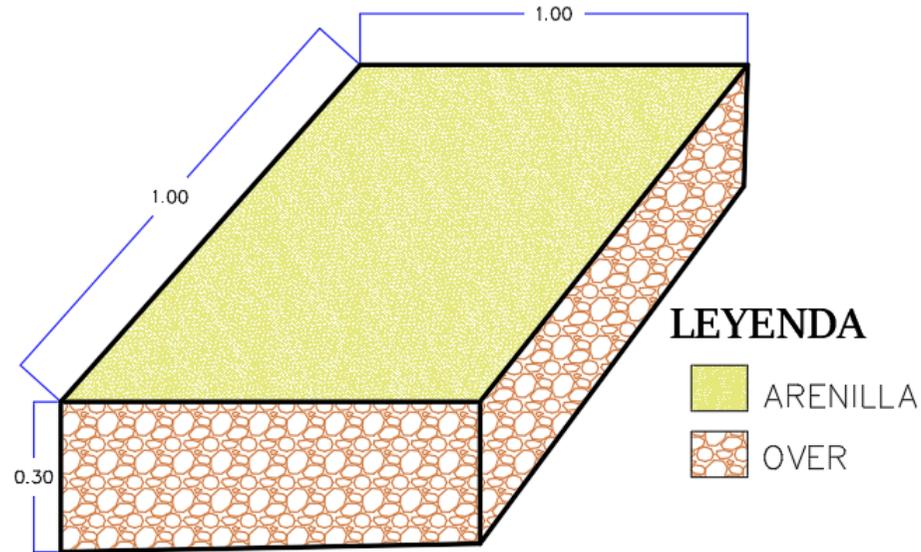
- ✓ El primer análisis, se basó en cuantificar para ambas propuestas el costo por m² a nivel de subrasante, es decir, no se consideraron las demás capas del pavimento, pues teniendo el fin y el propósito de verificar la viabilidad económica de la propuesta de interés en primera instancia, para ello, se cuantificó en que tanto afectaba la producción de los estabilizantes hasta esta partida, sin tener en cuenta, el beneficio que se conseguiría con ello (reducción de capas superiores en el pavimento).
- ✓ El segundo análisis, es más completo donde se planteaba desarrollar, si en el primer análisis de propuesta de interés resultase inviable, pues acá se analizaba el costo total del proyecto, considerando todas las capas del pavimento, buscándose verificar si los gastos generados se compensaban con el beneficio obtenido (gastos de producción de estabilizantes vs reducción de capas estructurales), realizándose el diseño de pavimento rígido con la metodología AASHTO 93.

PRIMER ANÁLISIS: RENTABILIDAD A NIVEL DE SUBRASANTE POR METRO CUADRADO

En este apartado se analizará el costo generado para estabilizar una subrasante arcillosa, mediante dos propuestas, la primera, utilizando material de remplazo (Over), en tanto la segunda, incorporando al suelo 40%RC+60%S, para ello, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ La sección de subrasante utilizada (ver figura 62) fue de 1.00 m² con espesor de 0.30m, siendo este valor obtenido del cálculo correspondiente para material de remplazo establecido por el MTC (ver anexo 05) que a su vez, supera los 15.00 cm mínimos exigidos [20]; así mismo, los valores de las propiedades utilizadas corresponden a la C-01, dado que ella presentó el menor valor de CBR (95%) natural, siendo este de 3.12%.
- ✓ Los estabilizantes seleccionados se estimaron a una misma distancia respecto el área de ejecución.
- ✓ El costo de las capas por encima de la subrasante, no se consideraron, pues el propósito en este apartado es determinar cuánto incrementa o reduce los costos a nivel de subrasante.

ESTABILIZACIÓN TRADICIONAL (OVER)



$$\checkmark \text{ Vol.} = 1.00 * 1.00 * 0.30 = 0.30\text{m}^3$$

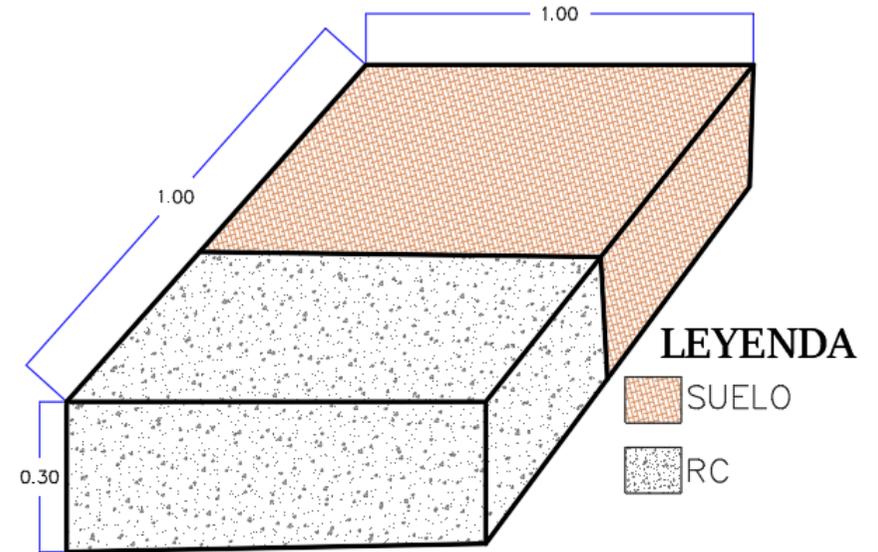
$$\checkmark \text{ Over} = \text{Vol. Factor compactación}$$

$$\text{Over} = 0.30 * 1.15 = 0.35\text{m}^3$$

$$\checkmark \text{ Arenilla} = \left(\frac{\text{Vol.}}{3}\right) * (\text{Factor compactación})$$

$$\text{Arenilla} = \left(\frac{0.30}{3}\right) * 1.25 = 0.125\text{m}^3$$

ESTABILIZACIÓN CON 40%RC + 60%S



$$\checkmark \text{ Vol.} = 1.00 * 1.00 * 0.30 = 0.30\text{m}^3$$

$$\checkmark Sg = \frac{\gamma_{\text{sólido}}}{\gamma_{\text{agua}}} \rightarrow \gamma_{\text{sólido}} = Sg * \gamma_{\text{agua}}$$

$$\gamma_{\text{sólido}} = 3.236 * 1000 \text{ kg/m}^3 = 3236.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\checkmark P. \text{Sólido}_{\text{Suelo}} = 3236.00 * 0.30 = 970.8 \text{ kg}$$

$$\checkmark 60\% \text{ CAR} = 0.7 * P. \text{Sólido}_{\text{Suelo}} = 582.30 \text{ kg}$$

Figura 24: Consideraciones utilizadas para la comparativa económica entre ambas propuestas. Fuente: Propia

A continuación, se presenta la relación de ACUS desarrollados para el presente análisis. Caber recalcar que, los rendimientos considerados fueron referenciados del libro del Ing. Ibáñez [20], así como también, de los antecedentes revisados, en tanto, los precios se obtuvieron de la revista Costos, actualizados al 2023 [33].

ACUS A NIVEL DE SUBRASANTE: AMBAS PROPUESTAS

Tabla 36 ACU: Trazo, replanteo y control topográfico

PARTIDA	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO					
Costo por:	m2				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	1000	m2/dia	TOTAL		S/ 2.23	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 0.68
Operario	hh	1	0.0080	26.22	0.21	
Topografo	hh	1	0.0080	25.17	0.20	
Ayudante de Topografia	hh	2	0.0160	16.76	0.27	
Materiales						S/ 1.30
Bolsa de yeso de 18 kg	bol		0.0410	14.32	0.59	
Acero corrugado fy= 42000 kg/cm2	kg		0.0100	4.70	0.05	
Cemento Portland Tipo I	bol		0.0300	21.50	0.65	
Pintura esmalte sintético (ROJO)	gal		0.0005	48.31	0.02	
Equipos Herramientas						S/ 0.25
Desgaste de herramientas	%MO	1	3.00%	0.66	0.02	
Nivel Topografico (Equipo Completo)	hm	1	0.0080	9.50	0.08	
Estacion Total	hm	1	0.0080	15.00	0.12	
Wincha de 80m + cordel	hm	1	0.0080	4.50	0.04	

Fuente: Propia

Tabla 37 ACU: Corte a nivel de subrasante en material suelto

PARTIDA	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO					
Costo por:	m3				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	840	m3/dia	TOTAL		S/ 9.60	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 5.83
Capataz	hh	2	0.0190	31.46	0.60	
Operador cargador	hh	1	0.0095	119.43	1.13	
Operador volquete	hh	1	0.0095	255.4	2.43	
Operario	hh	1	0.0095	26.22	0.25	
Peon	hh	8	0.0762	18.65	1.42	
Equipos y Herramientas						S/ 3.78
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	5.53	0.17	
Cargador sobre llantas 110.125Ho	hm	1	0.0095	200.00	1.90	
Volquete de 12 m3	hm	1	0.0095	180.00	1.71	

Fuente: Propia

Tabla 38 ACU: Eliminación externa de material excedente

Fuente: Propia

PARTIDA	ELIMINACION EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE					
Costo por:	m3				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	728	m3/día	TOTAL		S/ 10.00	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 5.66
Capataz	hh	1	0.0110	31.46	0.35	
Operador cargador	hh	1	0.0110	119.43	1.31	
Operador volquete	hh	1	0.0110	255.4	2.81	
Operario	hh	2	0.0220	26.22	0.58	
Peon	hh	3	0.0330	18.65	0.62	
Equipos y Herramientas						S/ 4.34
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	5.38	0.16	
Cargador sobre llantas 110.125Ho	hm	1	0.0110	200.00	2.20	
Volquete de 12 m3	hm	1	0.0110	180.00	1.98	

Tabla 39 ACU: Perfilado, nivelación y compactación de la subrasante

PARTIDA	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE e= 0.30 m					
Costo por:	m2				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	3000	m3/día	TOTAL		S/ 3.69	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 1.49
Capataz	hh	1	0.0027	31.46	0.08	
Operador Cisterna	hh	0.8	0.0021	135.38	0.28	
Operador rodillo liso	hh	0.5	0.0013	116.63	0.15	
Operador motoniveladora	hh	0.8	0.0021	156.3	0.33	
Operador Cargador	hh	1	0.0027	119.43	0.32	
Operario	hh	1	0.0027	26.22	0.07	
Peon	hh	5	0.0133	18.65	0.25	
Materiales						S/ 0.18
Agua	m3	1	0.0300	6	0.18	
Equipos y Herramientas						S/ 2.02
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.42	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	1	0.0027	161.02	0.43	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	1	0.0027	200.00	0.54	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	1	0.0027	193.91	0.52	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0027	177.27	0.48	

Fuente: Propia

ACUS A NIVEL DE SUBRASANTE: MEJORAMIENTO TRDICIAL

Tabla 40 ACU: Estabilización con over (8" – 15"), h=0.30m.

PARTIDA	ESTABILIZACIÓN CON OVER (8"-15"), h=0.30 m					
	Costo por:			m2	FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	3000	m3/día	TOTAL	S/ 25.21		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 1.32
Capataz	hh	1	0.0003	31.46	0.01	
Operador Cisterna	hh	0.8	0.0021	135.38	0.28	
Operador rodillo liso	hh	0.5	0.0013	116.63	0.15	
Operador motoniveladora	hh	0.8	0.0021	156.3	0.33	
Operador Cargador	hh	1	0.0027	119.43	0.32	
Operario	hh	1	0.0027	26.22	0.07	
Peon	hh	3	0.0080	18.65	0.15	
Materiales						S/ 21.88
Arenilla	m3		0.3500	50	17.50	
Over	m3		0.1250	35	4.38	
Equipos y Herramientas						S/ 2.02
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.42	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	1	0.0027	161.02	0.43	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	1	0.0027	200.00	0.54	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	1	0.0027	193.91	0.52	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0027	177.27	0.48	

Fuente: Propia

ACUS NIVEL DE SUBRASANTE: MEJORAMIENTO CON RC

Se aprecia que el costo por kg de pulverizado de RC de manera industrial es de s/10.00, al mismo costo del proceso del pulverizado de una materia prima que esta máquina se emplea (Pulverizado de comida de aves de corral), es por ello que, se realizó la tabla 41, en ella se observa la optimización de este proceso; recalando lo siguiente, se consideró un rendimiento promedio para la chancadora de 70 000 kg/día, estando este referenciado en la revista Costos, actualizada al 203 [51].

Tabla 41 ACU: Obtención de agregados de RC-Industrial

PARTIDA	OBTENCION DEL RC					
Costo por:	kg				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	70000	kg/día	TOTAL		S/ 2.54	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 0.67					
Peon	hh	0.3125	0.0357	18.65	0.67	
Materiales	S/ 0.50					
Saco de balbas (Concha de abanico)	Und		0.1000	5	0.50	
Equipos y Herramientas	S/ 1.38					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.62	0.02	
Tamices de 4.75 mm y 25 mm	hm	2	0.2286	0.95	0.22	
Chancadora Industrial	hm	1	0.1143	10.00	1.14	

Fuente: Propia

Tabla 42 ACU: MEZCLADO de material natural con estabilizantes para subrasantes en

PARTIDA	MEZCLA DEL MATERIAL NATURAL CON 60% S. + 40% RC. PARA SUBRASANTE EN VIAS e=30m					
Costo por:	m2				FECHA:	May. 2023
Rendimiento:	3480	m3/día	TOTAL		S/ 292.14	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 0.56					
Capataz	hh	0.45	0.0010	31.46	0.03	
Peon	hh	1	0.0023	156.3	0.36	
Operario Motoniveladora	hh	4	0.0092	18.65	0.17	
Materiales	S/ 291.15					
Agregados de RC-pulverizado	Kg		582.3000	0.5	291.15	
Equipos y Herramientas	S/ 0.43					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.62	0.02	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0023	177.27	0.41	

vias e=0.30m (Mejoramiento con. RC + S)

Fuente: Propia

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE: ESTABILIZACIÓN TRADICIONAL
(OVER)

Tabla 43: Presupuesto de estabilización a nivel de subrasante con Over

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE -ESTABILIZACION (OVER)					
TESISTA ESPECIALIDAD		LUGAR FECHA			
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS	m2	1.00	S/ 2.23	S/ 2.23
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE MATERIAL				
02.01.01	CORTE NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	0.30	S/ 9.60	S/ 2.88
02.01.02	ELIMINACION EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.39	S/ 10.00	S/ 3.90
02.01.03	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE e=30m	m2	1.00	S/ 3.69	S/ 3.69
03.00.00	PAVIMENTO				
03.01.00	ESTABILIZACION CON OVER (8"-15"), h=0.30 m	m2	1.00	S/ 25.21	S/ 25.21
				SUBTOTAL	S/ 37.91
				IGV 18%	S/ 6.82
				COSTO TOTAL	S/ 44.73

Fuente: Propia

De la tabla 43, se observa que, para estabilizar un metro cuadrado de subrasante arcillosa con espesor de 0.30m, costará S/44.73 soles si se realiza de la forma tradicional (Over).

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE: ESTABILIZACIÓN CON
40% RC + 60% S

Tabla 44: Presupuesto de estabilización a nivel de subrasante con 40% RC + 60%S

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE -ESTABILIZACION RC					
TESISTA ESPECIALIDAD		LUGAR FECHA			
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS	m2	1.00	S/ 2.23	S/ 2.23
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE MATERIAL				
02.01.01	CORTE NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	0.30	S/ 9.60	S/ 2.88
02.01.02	ELIMINACION EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.29	S/ 10.00	S/ 2.90
02.01.03	MEZCLADO DEL SUELO NATURAL 60% CON 40 % DEL RC PARA SUBRASANTE EN VIAS e=30m	m2	1.00	S/ 292.14	S/ 292.14
02.01.04	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE e=30m	m2	1.00	S/ 3.69	S/ 3.69
SUBTOTAL					S/ 303.84
IGV 18%					S/ 54.69
COSTO TOTAL					S/ 358.53

Fuente: Propia

De la tabla 44, se observa que, para estabilizar un metro cuadrado de subrasante arcillosa con espesor de 0.30m, costará S/358.53 soles si se utiliza agregados reciclados de RC.

SEGUNDO ANÁLISIS: RENTABILIDAD A NIVEL DE PROYECTO CADA 500m

En base a los resultados de la anterior evaluación, en primera instancia, la propuesta de interés resultó inviable, razón por la cual, se desarrollará este segundo análisis, en este, se evaluará el costo total que conllevará ejecutar pavimento flexible considerando un terreno de fundación arcilloso de 0.30m, siendo dicho suelo de baja capacidad de soporte $CBR(95\%) = 3.12\%$, para ello, se presentan dos opciones, la primera, estabilizar el suelo de subrasante con Over de 8" a 15", en tanto la segunda, estabilizarlo con la combinación óptima determinada, la cual contiene 40% RC + 60%S, de esta forma, se verificará si los gastos generados en la producción de los estabilizantes para mejorar la subrasante, se compensan con el beneficio que estos generan, es decir, la reducción del espesor de las capas estructurales . Por consiguiente, se definirá las características de la vía de interés:

- ✓ Tramo: Av. La Despensa desde Antenor Orrego hasta Dorado
- ✓ Tipo de vía: Colectora (según [39])
- ✓ Área Calculada: 5412 m² (Ver figura 11)
- ✓ Longitud: 500m
- ✓ Derecho de vía promedio: 10.20m
- ✓ Ancho de calzada: 7.20m
- ✓ Ancho de veredas: 1.50m c/lado

En este apartado, se realizará el diseño del pavimento flexible con la metodología AASHTO 93, para luego, presupuestarse y compararse ambas alternativas de solución a nivel de proyecto.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN AASHTO 93

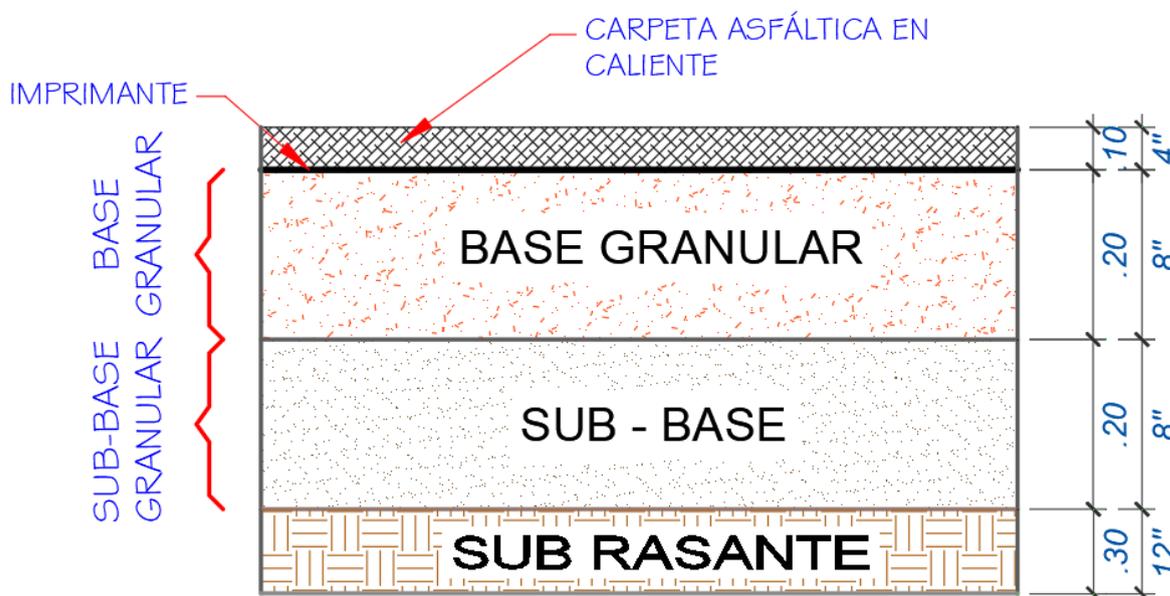
Con el fin de cuantificar los cambios generados en ambas propuestas, se conservó las mismas condiciones en ambos diseños, variando únicamente el CBR (95%), perteneciendo este a la calicata C-03 como ya se mencionó anteriormente.

Los parámetros de diseño considerados, fueron los siguientes:

- ✓ *ESAL*: $3 * 10^6$ (Según C.E 0.10 PAVIMENTOS URBANOS)
- ✓ Nivel de confiabilidad: 85% (Vía Colectora según [39])
- ✓ Desviación estándar normal (Z_r): -1.036
- ✓ Variabilidad (S_o): 0.50 (En construcción nueva)
- ✓ Variación de servicio (ΔPSI): 1.50
- ✓ CBR (%) base granular: 80%
- ✓ CBR (%) subbase granular: 40%
- ✓ Coeficiente de drenaje en bases: 1.00

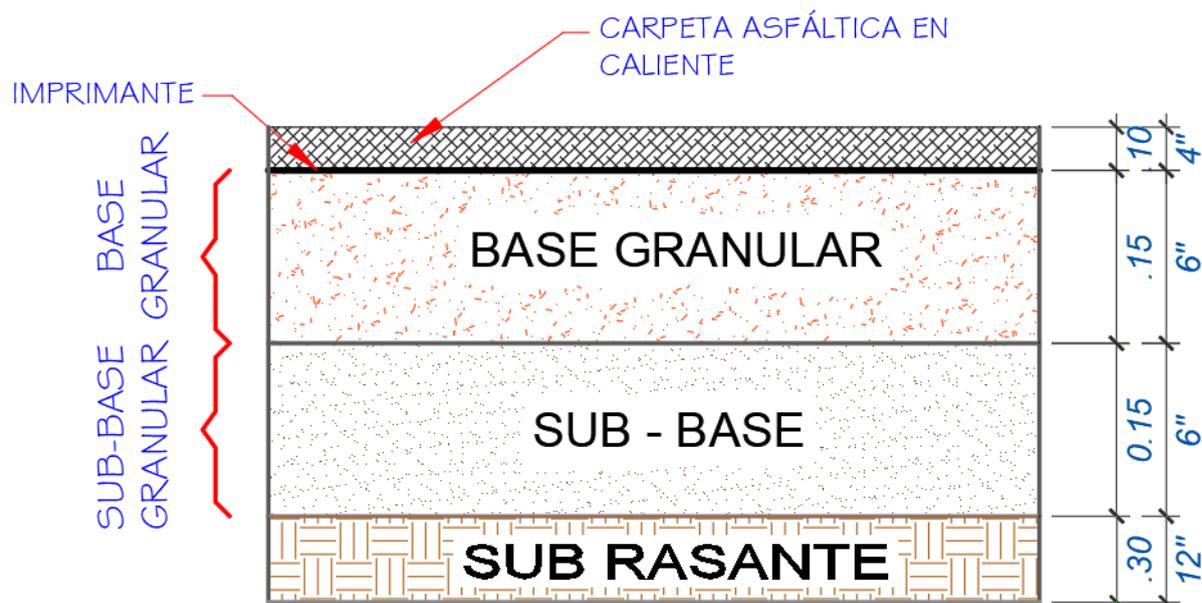
Los resultados obtenidos en el diseño de pavimento para ambas propuestas (ver anexo 05), son los siguientes:

Figura 25: Estructura del pavimento para la subrasante estabilizada con over



Fuente: Propia

Figura 26: Estructura del pavimento para la subrasante estabilizada con 40%RC + 60%S



Fuente: Propia

En base a las figuras 63 y 64, observamos que, al aplicar a la subrasante 40% RC+60%S, existe una reducción en el espesor de las capas granulares del pavimento (base y subbase), disminuyendo 2 pulgadas (5.00cm) cada una, esto debido al incremento del CBR generado, verificándose a continuación, si este ahorro de material se equilibra con el incremento de costos que genera la obtención de los estabilizantes.

A continuación, se presenta la relación de ACUS desarrollados para las capas granulares y la superficie de rodadura, dado que, las partidas concernientes al suelo estabilizado ya fueron desarrolladas en el apartado anterior (rentabilidad a nivel de subrasante), a su vez, cabe recalcar que, los rendimientos considerados fueron referenciados del libro del Ing. Ibáñez [50], así como también, de los antecedentes revisados, en tanto, los precios se obtuvieron de la revista Costos, actualizados al 2023 [51].

ACUS A NIVEL DE PROYECTO: AMBAS PROPUESTAS

Tabla 45 ACU: Imprimación asfáltica

PARTIDA	IMPRIMACION ASFALTICA					
Costo por:	m2			FECHA:	May. 2023	
Rendimiento:	5700	m3/día	TOTAL	S/ 4.76		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 0.44					
Capataz	hh	1	0.0014	31.46	0.04	
Operador Camión Imprimador	hh	0.71	0.0010	188.47	0.19	
Operador Barredora mecanica	hh	0.71	0.0010	58.26	0.06	
Operador Tractor de tiro	hh	0.71	0.0010	92.96	0.09	
Peon	hh	2	0.0028	18.65	0.05	
Materiales	S/ 4.23					
Asfalto líquido	Gal	1	0.2550	15.27	3.89	
Kerosene industrial	Gal	1	0.0450	7.5	0.34	
Equipos y Herramientas	S/ 0.09					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Camion imprimador 2000glus	hm	0.7125	0.0010	31.82	0.03	
Barredora mecanica 10-20hp	hm	0.7125	0.0010	8.97	0.01	
Tractor de tiro 80 HP	hm	0.7125	0.0010	14.95	0.01	

Fuente: Propia

Tabla 46 ACU: Carpeta asfáltica en caliente e=10cm (4in)

PARTIDA	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=10cm (4pulg)					
Costo por:	m2			FECHA:	May. 2023	
Rendimiento:	1275	m3/día	TOTAL	S/ 63.59		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 2.90					
Capataz	hh	1	0.0063	31.46	0.20	
Oficial	hh	1	0.0063	19.13	0.12	
Operario de tandem estatico	hh	1	0.0063	116.63	0.73	
Operario de rodillo neumatico 60-80HP	hh	1	0.0063	83.81	0.53	
Operador equipo pavimentadora	hh	1	0.0063	135.11	0.85	
Peon	hh	4	0.0251	18.65	0.47	
Materiales	S/ 59.76					
Mezcla asfaltica caliente (Incl. Transporte)	m3		0.1198	498.86	59.76	
Equipos y Herramientas	S/ 0.93					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Rodillo tandem estatico 70-100HP	hm	1	0.0063	24.54	0.15	
Rodillo tandem de neumatico 60-80HP	hm	1	0.0063	46.35	0.29	
Pavimentadora sobre orugas 105	hm	1	0.0063	70.69	0.45	

Fuente: Propia

ACUS A NIVEL DE PROYECTO: MEJORAMIENTO TRADICIONAL

Tabla 47 ACU: Subbase granular e=20.00cm (8.0 pulg)

PARTIDA	SUBBASE GRANULAR e=20 cm (8pulg)					
	m2			FECHA:	May. 2023	
Costo por:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 12.99		
Rendimiento:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 12.99		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 1.99
Capataz	hh	1	0.0031	31.46	0.10	
Operador Cisterna	hh	1	0.0031	129.90	0.40	
Operador rodillo liso	hh	1	0.0031	116.63	0.36	
Operador motoniveladora	hh	1	0.0031	156.3	0.48	
Operador Cargador	hh	1	0.0031	119.43	0.37	
Operario	hh	2	0.0062	26.22	0.16	
Peon	hh	2	0.0062	18.65	0.12	
Materiales						S/ 9.73
Agua	m3		0.2400	38.14	9.15	
Material de subbase	m3		0.0200	29.00	0.58	
Equipos y Herramientas						S/ 1.26
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	0.3	0.0009	161.02	0.14	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	0.5	0.0015	200.00	0.30	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	0.3	0.0009	180.00	0.16	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0031	200.00	0.62	

Fuente: Propia

Tabla 48 ACU: Base granular e=20.00cm (8.0 pulg)

PARTIDA	BASE GRANULAR e=20.00 cm (8.0 pulg)					
	m2			FECHA:	May. 2023	
Costo por:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 17.52		
Rendimiento:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 17.52		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						S/ 2.19
Capataz	hh	1	0.0034	31.46	0.11	
Operador Cisterna	hh	1	0.0034	129.90	0.44	
Operador rodillo liso	hh	1	0.0034	116.63	0.40	
Operador motoniveladora	hh	1	0.0034	156.3	0.53	
Operador Cargador	hh	1	0.0034	119.43	0.41	
Operario	hh	2	0.0068	26.22	0.18	
Peon	hh	2	0.0068	18.65	0.13	
Materiales						S/ 13.92
Agua	m3		0.2400	55.57	13.34	
Material de subbase	m3		0.0200	29.00	0.58	
Equipos y Herramientas						S/ 1.41
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	0.3	0.0010	161.02	0.16	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	0.5	0.0017	200.00	0.34	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	0.3	0.0010	193.91	0.19	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0034	200.00	0.68	

Fuente: Propia

ACUS A NIVEL DE PROYECTO: MEJORAMIENTO CON 40RC% + 60% S

Tabla 49 ACU: Subbase granular e=15cm (6pulg)

PARTIDA	SUBBASE GRANULAR e=15cm (6pulg)					
Costo por:	m2			FECHA:	May. 2023	
Rendimiento:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 9.81		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 1.82					
Capataz	hh	1	0.0028	31.46	0.09	
Operador Cisterna	hh	1	0.0028	135.38	0.38	
Operador rodillo liso	hh	1	0.0028	116.63	0.33	
Operador motoniveladora	hh	1	0.0028	156.3	0.44	
Operador Cargador	hh	1	0.0028	119.43	0.33	
Operario	hh	2	0.0056	26.22	0.15	
Peon	hh	2	0.0056	18.65	0.10	
Materiales	S/ 6.83					
Agua	m3		0.1650	38.14	6.29	
Material de subbase	m3		0.0186	29.00	0.54	
Equipos y Herramientas	S/ 1.16					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	0.3	0.0008	161.02	0.13	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	0.5	0.0014	200.00	0.28	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	0.3	0.0008	193.91	0.16	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0028	200.00	0.56	

Fuente: Propia

Tabla 50 ACU: Base granular e=15cm (6pulg)

PARTIDA	BASE GRANULAR e=15cm (6pulg)					
Costo por:	m2			FECHA:	May. 2023	
Rendimiento:	2600	m3/día	TOTAL	S/ 13.07		
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra	S/ 2.08					
Capataz	hh	1	0.0032	31.46	0.10	
Operador Cisterna	hh	1	0.0032	135.38	0.43	
Operador rodillo liso	hh	1	0.0032	116.63	0.37	
Operador motoniveladora	hh	1	0.0032	156.3	0.50	
Operador Cargador	hh	1	0.0032	119.43	0.38	
Operario	hh	2	0.0064	26.22	0.17	
Peon	hh	2	0.0064	18.65	0.12	
Materiales	S/ 9.71					
Agua	m3		0.0186	29	0.54	
Material de subbase	m3		0.1650	55.57	9.17	
Equipos y Herramientas	S/ 1.28					
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.26	0.04	
Camion Cisterna (2500 Glns.)	hm	0.3	0.0010	161.02	0.16	
Cargador sobre llantas 100-125HP	hm	0.5	0.0016	200.00	0.32	
Rodillo liso vibratorio Autop. 7-9 Ton	hm	0.3	0.0010	193.91	0.19	
Motoniveladora 130-135 HP	hm	1	0.0032	177.27	0.57	

Fuente: Propia

PRESUPUESTO A NIVEL DE PROYECTO: ESTABILIZACIÓN
TRADICIONAL (OVER)

Tabla 51: Presupuesto de estabilización a nivel de proyecto con Over

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE -ESTABILIZACION (OVER)					
TESISTA ESPECIALIDAD		LUGAR FECHA			
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS	m2	3600.00	S/ 2.23	S/ 8,028.00
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE MATERIAL				
02.01.01	CORTE NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	3420.00	S/ 9.60	S/ 32,832.00
02.01.02	ELIMINACION EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4446.00	S/ 10.00	S/ 44,460.00
02.01.03	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE e=30m	m2	3600.00	S/ 3.69	S/ 13,284.00
03.00.00	PAVIMENTO				
03.01.00	ESTABILIZACION CON OVER (8"-15"), h=0.30 m	m2	3600.00	S/ 23.46	S/ 84,456.00
03.01.02	SUBBASE GRANULAR e=20cm (8.0 pulg)	m2	3600.00	S/ 12.99	S/ 46,764.00
03.01.03	BASE GRANULAR e=20cm (8.00 pulg)	m2	3600.00	S/ 17.52	S/ 63,072.00
03.01.04	IMPRIMACION ASFÁLTICA	m2	3600.00	S/ 4.76	S/ 17,136.00
03.01.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=10cm (4 pulg)	m2	3600.00	S/ 63.59	S/ 228,924.00
SUBTOTAL					S/ 538,956.00
IGV 18%					S/ 97,012.08
COSTO TOTAL					S/ 635,968.08

Fuente: Propia

De la tabla 63, se observa que, para ejecutar pavimento flexible en medio kilómetro de vía cuyo ancho de calzada sea de 7.20m, considerando una subrasante arcillosa de 0.30m, costará S/635, 968.08 soles, si se plantea estabilizar el suelo con Over.

**PRESUPUESTO A NIVEL DE PROYECTO: ESTABILIZACIÓN CON 40%
RC + 60%S**

Tabla 52: Presupuesto a nivel de proyecto con 40% RC + 60%S

PRESUPUESTO A NIVEL DE SUBRASANTE -ESTABILIZACION (RC)					
TESISTA ESPECIALIDAD		LUGAR FECHA			
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. S/.	PARCIAL S/.
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.00	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRAFICOS	m2	3600.00	S/ 2.23	S/ 8,028.00
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.00	CORTE MATERIAL				
02.01.01	CORTE NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	m3	1980.00	S/ 9.60	S/ 19,008.00
02.01.02	ELIMINACION EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2910.96	S/ 10.00	S/ 29,109.60
02.01.03	MEZCLADO DEL SUELO 60% + 40 % RC PARA SUBRASANTE EN VIAS e=30m	m2	3600.00	S/ 88.20	S/ 317,520.00
02.01.04	PERFILADO NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE e=30m	m2	3600.00	S/ 3.69	S/ 13,284.00
03.00.00	PAVIMENTO				
03.01.00	SUBBASE GRANULAR e=15cm (6 pulg)	m2	3600.00	S/ 9.81	S/ 35,316.00
03.01.02	BASE GRANULAR e=15 cm (6.00 pulg)	m2	3600.00	S/ 13.07	S/ 47,052.00
03.01.03	IMPRIMACION ASFÁLTICA	m2	3600.00	S/ 4.76	S/ 17,136.00
03.01.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=10cm (4 pulg)	m2	3600.00	S/ 63.59	S/ 228,924.00
			SUBTOTAL		S/ 715,377.60
				IGV 18%	
				COSTO TOTAL	
					S/ 844,145.57

Fuente: Propia

De la tabla 64, se observa que, para ejecutar pavimento flexible en medio kilómetro de vía cuyo ancho de calzada sea de 7.20m, considerando una subrasante arcillosa de 0.30m, costará S/844,145.57 soles, si se plantea estabilizar el suelo con 40%RC + 60%S.

EVALUACIÓN AMBIENTAL

RESUMEN EJECUTIVO

La estabilización de un suelo altera diversos factores Ambientales de su entorno, generando impactos negativos por las diferentes partidas que se realizan a lo largo de su proceso, y son una muestra visible de la falta de prevención y/o aplicación de un Estudio de Impacto Ambiental.

Por ende, en esta tesis hará la investigación de los agentes contaminantes, su origen y las posibles soluciones, puesto que se evaluará las variables naturales, económicas, sociales y culturales existentes en el área de influencia, generados por la ejecución del proyecto de tesis: “Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros”; determinando los impactos ambientales generados por dicho proyecto. Los objetivos son: Interpretar, predecir, identificar y impartir los probables impactos ambientales que el proyecto podría provocar en los diversos componentes del medio ambiente; así como, los impactos ambientales producidos por la influencia del medio ambiente sobre el proyecto; Este Informe de Impacto Ambiental se desarrollará de acuerdo a los Términos de Referencia del MTC.

DATOS DEL PROYECTO:

“Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros”

Responsable:

- Cotrina Vásquez, Ellar Alexander

Localidad e Institución donde desarrollara el estudio:

Se desarrollará en el distrito José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo
Departamento de Lambayeque.

ANTECEDENTES GENERALES

- **GENERAL**

Identificación, predecir, controlar e interpretar los impactos ambientales negativos y positivos posibles a generarse motivo de la implementación del presente proyecto; teniendo en cuenta para ello las diversas fases proporcionando las medidas de mitigación, prevención y control para propiciar el desarrollo armónico del proyecto respecto a sus etapas de desarrollo y el ambiente en general con sus recursos, en los cuales se incluye el recurso humano.

- **ESPECÍFICOS**

Identificar y analizar los impactos (causas y efectos) que puedan afectar al medio natural, social y económico.

Proponer medidas de prevención, control o mitigación de impactos, frente a cada situación negativa causada por la ejecución y puesta en marcha del proyecto en cada una de sus fases.

JUSTIFICACIÓN

Dada la problemática del déficit que conlleva los suelos arcillosos con fines de pavimentación; surge la idea de plantear una solución al alcance de esta. La solución se inclina hacia el desarrollo de una estabilización que propone mejor este tipo de suelo. La realización del presente proyecto garantiza grandes beneficios, ya que al mejorar la una subrasante será mejor para la transitabilidad facilitará el acceso para el tránsito vehicular que permita el traslado de pasajeros y productos de las comunidades beneficiarias de la zona de influencia del proyecto hacia los mercados locales, aumentando los ingresos económicos y mejorando la calidad de vida de las personas, tanto en educación como en salud.

UBICACIÓN POLÍTICA

El proyecto se establece en las Av. La Despensa; donde el punto inicial del tramo de estudio se encuentra en la intersección Av. La Despensa y Antenor Orrego, E 626294 y N 9253662; y llega a la intersección de la Av. La Despensa y Dorado, E 626237 y N 9252948.

MARCO NORMATIVO Y LEGAL

El campo de la legislación medioambiental se ha denotado con un avance sustancial en nuestro país en las últimas décadas, lo que ha dado lugar a importantes progresos. De hecho, se han implantado importantes normas que sirven de instrumentos legales para controlar la conexión entre el hombre y su entorno. Esto se hace con la intención de alcanzar un desarrollo sostenible. Como resultado, tenemos:

- **Constitución Política del Perú.**

Según el inciso 22 del Artículo 2° establece que toda persona tiene derecho a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así mismo tiene derecho de poder disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- **CAPÍTULO II: Del Ambiente y los Recursos Naturales**

Art. 66: Los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación, el estado es soberano en su aprovechamiento.

Art. 67: El estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

Art. 68: El estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

- **Ley General del Ambiente - Ley N° 2861**

Del Artículo I: Título Preliminar - Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

En el artículo VI: Del Principio de prevención, señala que la gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que corresponda.

En el artículo VII: Del principio precautorio, establece que cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces y eficientes para impedir la degradación del ambiente.

En el artículo IX: Del Principio de Responsabilidad Ambiental, señala que el causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o cuando lo anterior no fuera posible a compensar en términos ambientales los daños generados, sin perjuicio de otras responsabilidades administrativas civiles o penales a que hubiera lugar.

- **Capítulo 3: Gestión Ambiental Artículo 25°:**

De los Estudios de Impacto Ambiental, señala que son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles en el medio ambiente físico y

social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables e incluirá un breve resumen del estudio para efectos de su publicidad.

- **Capítulo 4: Empresa y Ambiente**

Artículo 74°: De la Responsabilidad general. Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generan sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Está responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales.

Artículo 78°: De la Responsabilidad Social de la empresa

El estado promueve, difunde y facilita la adopción voluntaria de políticas, prácticas y mecanismos de responsabilidad social de la empresa, entendiendo que ésta constituye un conjunto de acciones orientadas al establecimiento de un adecuado ambiente de trabajo, así como de relaciones de cooperación y buena vecindad impulsadas por el propio titular de operaciones.

Decreto Legislativo N° 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.

Derecho a Gozar de un Medio Ambiente Saludable y Equilibrado.

Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y, asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.

Es obligación del Estado mantener la calidad de vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. Le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueda interferir en el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad. Las personas están obligadas a contribuir y colaborar inexcusablemente con estos propósitos.

Medio Ambiente como Patrimonio común de la Nación.

El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio común de la Nación. Su protección y conservación son de interés

social y pueden ser invocados como causa de necesidad y utilidad públicas.

Legitimación Para Actuar en Defensa del Medio Ambiente.

Toda persona tiene derecho a exigir una acción rápida y efectiva ante la justicia en defensa del medio ambiente y de los recursos naturales y culturales. Se puede interponer acciones, aún en los casos en que no se afecte el interés económico del demandante o denunciante. El interés moral autoriza la acción aun cuando no se refiera directamente al agente o a su familia.

conservación y Aprovechamiento Recursos Naturales.

El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética y la utilización sostenida de las especies, de los ecosistemas y de los recursos naturales renovables en general, es de carácter obligatorio. La utilización de los recursos naturales no renovables debe efectuarse en condiciones racionales y compatibles con la capacidad de depuración o recuperación del ambiente y de regeneración de dichos recursos.

- **Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.**

El SEIA es una herramienta transectorial de la gestión ambiental y de carácter preventivo y se le conoce como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

Además, establece el procedimiento para el otorgamiento de la certificación ambiental de los proyectos de inversión pública.

- **Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales**

Establece y norma la estructura, organización, competencias y funciones de los gobiernos regionales. Define la organización democrática, descentralizada y desconcentrada del Gobierno

Regional conforme a la Constitución y a la Ley de Bases de la Descentralización.

- **Ley N° 27972, Ley Orgánica Municipalidades**

La presente ley orgánica establece normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias, clasificación y régimen económico de las municipalidades; también sobre la relación entre ellas y con las demás organizaciones del Estado y las privadas, así como sobre los mecanismos de participación ciudadana y los regímenes especiales de las municipalidades.

- **DL N° 26786, Ley de Evaluación de Impacto ambiental para Obras y Actividades.**

Artículo 51: La Autoridad Sectorial Competente comunicará al Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, sobre las actividades a desarrollarse en su sector que, por su riesgo ambiental, pudieran exceder los niveles o estándares tolerables de contaminación o deterioro del ambiente, las que obligatoriamente deberán presentar estudios de impacto ambiental previos a su ejecución y, sobre los límites máximos permisibles del impacto ambiental acumulado.

- **Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento.**

La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

- **DS 087-85-VC, Reglamento de Acondicionamiento Territorial, Desarrollo Urbano Medio Ambiente**

El presente Reglamento constituye el marco normativo para los procedimientos técnicos y administrativos que deben seguir las municipalidades a nivel nacional, en el ejercicio de sus competencias en materia de planeamiento y gestión del suelo, acondicionamiento territorial y desarrollo urbano y rural; a fin de garantizar:

- **Decreto de Urgencia 022-2020**

DECRETO DE URGENCIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES

El presente Decreto de Urgencia tiene por finalidad prevenir y/o mitigar la afectación de los ecosistemas, así como proteger la salud de las personas y el ambiente

- **Sobre Calidad del Aire**

Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles

El D.S. N° 074-2001-PCM, del 24.06.01, aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire, donde se establece los valores correspondientes para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire y los valores de tránsito.

D.S. 003-2008-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

- D.S. N° 047-2001-MTC. 31/10/2001, Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial Esta disposición ha establecido en el ámbito nacional, los valores de los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de emisiones contaminantes para vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país, y vehículos automotores usados a ser importados.

- **Sobre Ruido Ambiental**

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido (D.S. N° 085- 2003-PCM) 30/10/2003, Establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido y los lineamientos generales para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible. Es preciso mencionar que el incremento de los niveles sonoros puede afectar a la población en tres niveles diferentes: fisiológicamente (pérdida de audición), en la actividad (interferencias en la comunicación oral) y psicológicamente.

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto denominado: “Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros”, se encuentra ubicado en: Departamento: Chiclayo Provincia: Lambayeque Distrito: José Leonardo Ortiz: Av. La Despensa con Antenor Orrego, Av. La Despensa con Manuel Goicochea y Av. La Despensa con Dorado.



CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto es proponer un nuevo estabilizante para la mejora de una adecuada estabilización de subrasante con la mejora de su transitabilidad y se compone de las siguientes etapas:

- RECOLECCIÓN DE RC
- OBTENCIÓN DE RC
- TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS
- CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO
- ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE
- BATIDO DE MATERIAL NATURAL CON 60% RC + 40% S
- PERFILADO NIVELACIÓN COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE e=30m
- CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=15.00 cm.
- CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e=15.00 cm
- IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
- CONFORMACIÓN CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE e=10cm

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL

La Línea Base describe el Ambiente Biológico, el Ambiente Físico, y el Ambiente Socioeconómico y Cultural del área influenciada por el Proyecto.

ÁREA DE INFLUENCIA:

Criterios para establecer delimitación de área de influencia ambiental. Para evaluar correctamente los efectos potenciales que un proyecto de estabilización que podría tener en el medio ambiente circundante, será necesario definir con precisión el área que se verá afectada durante su ejecución que sería la vía principal de la AV. DESPENSA. Es necesario identificar las características ambientales preexistentes antes de la ejecución de esta con el fin de establecer una línea de base que servirá como referencia y comparación de la futura situación ambiental esperada, como resultado de la explotación y mantenimiento de la infraestructura vial.

Reconocer los componentes ambientales que pueden ser influenciados por las actividades que se van a realizar en el proyecto, tanto en la etapa de obtención del estabilizante como en la de conformación asfáltica, será el criterio primordial para determinar el área de afectación ambiental. En este sentido, hay que tener en cuenta que el entorno asociado al proyecto puede caracterizarse como un entorno físico (con sus componentes de suelo, agua y aire), en el que existe y se desarrolla la diversidad (componentes de flora y fauna), así como un entorno socioeconómico, con sus evidencias y manifestaciones culturales. No sólo se realiza una identificación, sino también una evaluación de los posibles impactos y peligros ambientales debidos al proyecto que puedan repercutir en la vulnerabilidad de los componentes ambientales, con el fin de determinar el área de influencia ambiental que tendrá el proyecto.

Área de Influencia Directa

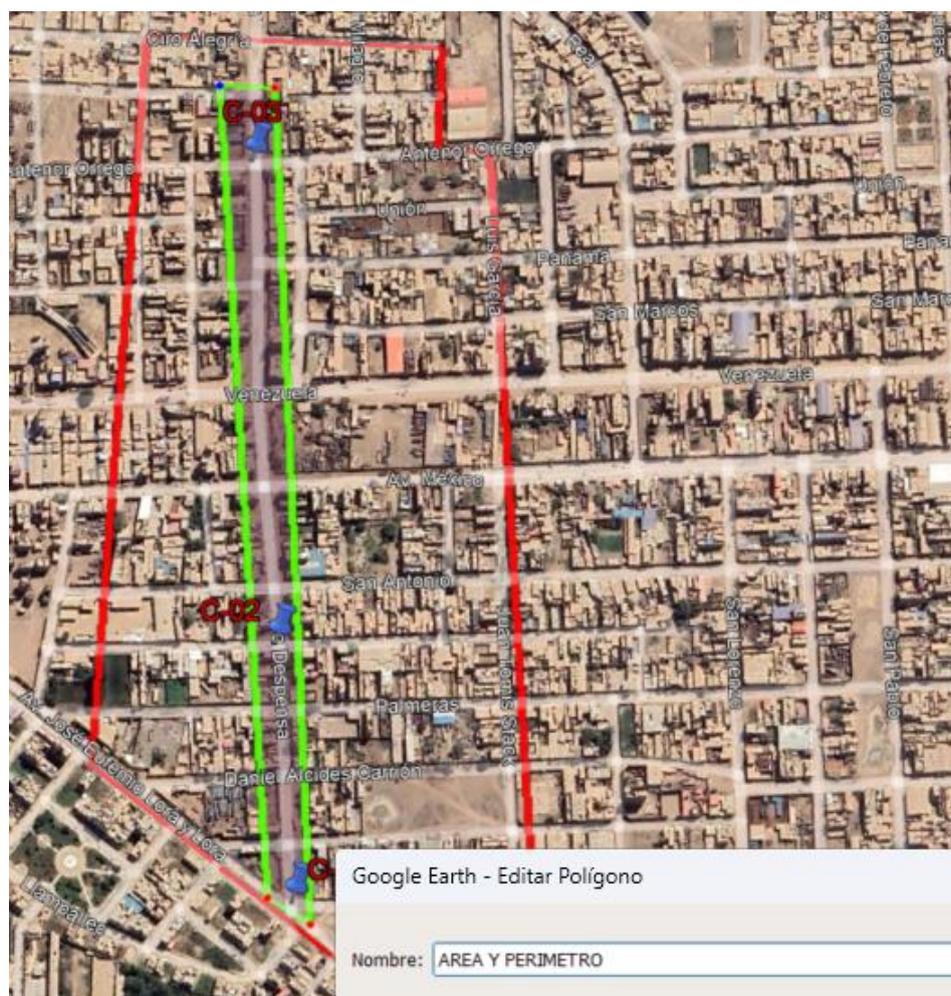
El espacio físico que se ocupará de forma permanente o temporal durante la el desarrollo de la estabilización necesarias para la obra. El espacio que ocuparán las instalaciones auxiliares del proyecto durante este tiempo también se incluye al impacto directo.



El área de influencia directa del estudio comprende la Av. La despensa que es la principal vía de estudio, donde se realizó en cada intersección con Antenor Orrego (C-01), María Ignacio G. (C-02), Dorado (C-03) de esta vía las 3 calicatas. ubicados geográficamente en un área de influencia de 5412 m2.

Área de Influencia de Indirecta.

El área afectada en la que un componente medioambiental directamente afectado por el proyecto influye a su vez en otro u otros componentes medioambientales no vinculados al proyecto, aunque sea con una intensidad mínima, se denomina zona de influencia indirecta del proyecto, y se define como el área en la que el proyecto tiene un efecto indirecto sobre el medio ambiente. Por lo tanto, el área efecto indirecto del proyecto puede crearse de la siguiente manera, basándose en el análisis geográfico, así como en la ubicación, características operativas del proyecto al ámbito del Distrito de José Leonardo Ortiz, la cual está conformada por las Avenidas y Calles aledañas con el área de estudio.



LINEA BASE AMBIENTAL

MEDIO AMBIENTE ABIOTICO:

- **AIRE:**

-Emisión de Gases: Durante la etapa de operación el proceso de descomposición de los residuos orgánicos para la producción compost generará emisión de gases de efecto invernadero, tales como el metano, así también en el proceso de almacenamiento una vez producido el compost este seguirá descomponiéndose en menor proporción, pero aún se emitirán gases que podrían generar un impacto negativo en el aire.

- Partículas en Suspensión: Durante todos los procesos de operación se trabajará con residuos, los cuales, al contar con cierta cantidad de polvo, podría generar la aparición de partículas en suspensión. Desde la descarga de residuos, el tratamiento de residuos orgánicos, la separación de residuos inorgánicos hasta la disposición final de residuos no aprovechables, principalmente en la compactación y colocación de dichos residuos.

- **AGUA**

- Agua Subterránea: Debido a la descomposición de materia orgánica, así como la que no puede ser aprovechada dispuesta en el relleno sanitario, se genera la aparición de lixiviado o líquido percolado, el cual al no ser manejado de la manera adecuada podría generar una contaminación en los cauces de agua subterránea al ingresar a las capas de subsuelo.

- **SUELO**

- Calidad del Suelo: Durante la etapa de cierre se sellará el relleno sanitario con una capa de suelo con propiedades características de la zona, por lo que se mejorará la calidad del suelo, generando un posible impacto positivo.

- Morfología: La limpieza y deforestación, así como los trabajos de excavación generan una posible eliminación de las capas de conformación del suelo, generando así pérdida en su morfología que presentaba inicialmente el terreno modificando las características del suelo.

MEDIO AMBIENTE BIOTICO:

- **FLORA**

- Arbustos y Árboles: Durante la etapa de cierre se colocará una cobertura final y vegetación, mejorando e incorporando arbustos y árboles, lo cual podría generar un impacto positivo.

- **FAUNA**

- Insectos: La descomposición de materia y el trabajar con residuos sólidos trae consigo la aparición de insectos como moscas. Los diferentes procesos podrían contribuir a la aparición de estos animales en el ambiente.

MEDIO CONCEPTUAL

- **CALIDAD VISUAL**

- Calidad de Vida: Las actividades que se realizaran durante la etapa de operación podrían generar una mejor calidad de vida en los habitantes de la zona, debido a que se reducirá la cantidad de focos de contaminación por la mala disposición de residuos que existe, generando un posible impacto positivo.

MEDIO SOCIO CULTURAL

- Salud: Los trabajos de implementación de una cobertura final y vegetación podrían generar partículas de polvo, así también el monitoreo de gases y lixiviados a los que estarían expuestos los trabajadores podrían generar un posible impacto negativo.

MEDIO ECONOMICO

- Empleo: Debido a las actividades que se realizarán durante la etapa de operación se requerirá de gran cantidad de trabajadores, generando así una oportunidad de empleo, lo cual es un impacto positivo para los pobladores de la localidad.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

ACTIVIDADES CON POTENCIAL A CAUSAR IMPACTO

Son todas las actividades del proyecto que durante la fase de construcción podrían causar impactos ambientales tanto positivos como negativos hacia los factores ambientales, en el área de influencia del proyecto.

CUADRO N°01:
Actividades con potencial a causar impacto en la

PRODUCCIÓN DE ESTABILIZANTES	
RECOLECCIÓN DE RC	OBTENCIÓN DE RC

OBRA PRELIMINAR
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS

CUADRO N°02:
Actividades con potencial a causar impacto en las

CUADRO N°02:
Actividades con potencial a causar

MOVIMIENTO DE TIERRAS
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO
ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE
BATIDO DE MATERIAL NATURAL CON 60% RC + 40% S
PERFILADO NIVELACIÓN COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE e=30m

CUADRO N°03
Actividades con potencial a causar impacto en la ejecución de la

PAVIMENTOS			
CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=15.00 cm.	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e=15.00 cm	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	CONFORMACIÓN CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE e=10cm

CUADRO N°04: Factores o componentes ambientales

F A C T O R E S A M B I E N T A L E S	M E D I O N A T U R A L	M E D I O A B I Ó T I C O	AIRE
			AGUA
			SUELO
		M E D I O B I Ó T I C O	FLORA
			FAUNA
			M E D I O P E R C E P T U A L CALIDAD VISUAL
	S O C I O - C U L T U R A L		
	E C O N Ó M I C O		
	A M B I E N T A L		

ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A continuación, se presentan los principales impactos identificados y evaluados:

FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: AIRE, EMISIÓN DE GASES	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
La emisión de gases serán producidos por la maquinaria a emplear en las distintas partidas de ejecución del proyecto.	Utilizar maquinaria en buen estado, proporcionándole constante mantenimiento, esto con el fin de minimizar la emisión de gases

FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: AIRE, EMISIÓN DE GASES	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
El ruido será generado por la maquinaria en la conformación de capas estructurales del pavimento, así como también, en la obtención de estabilizantes, al pulverizar las balbas de concha de abanico	El personal involucrado en las tareas tendrá que utilizar los implementos de seguridad para que los protejan, tales como orejeras, lentes y más implementos

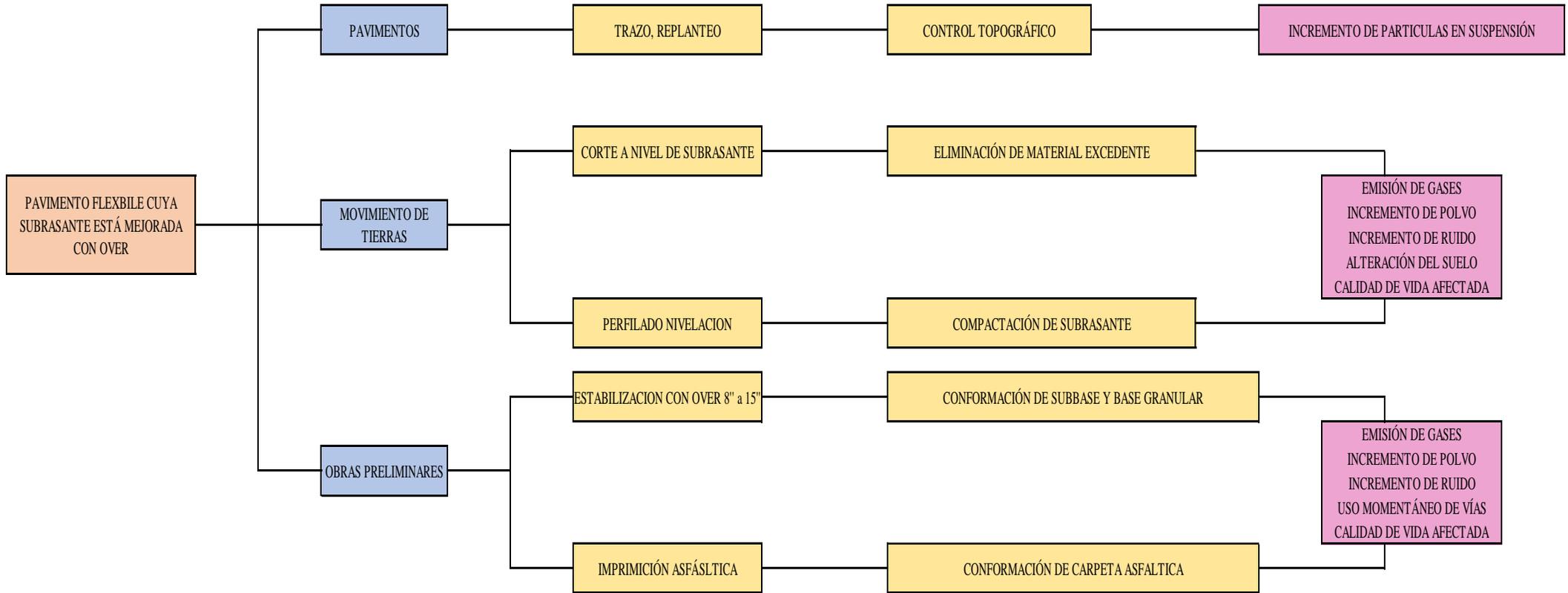
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: AIRE, RUIDO	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
La morfología del terreno se verá afectada, debido al movimiento de tierras que se generará para la conformación de la estructura del pavimento	Los trabajos se ejecutarán de manera eficaz y según lo establecido en los planos, esto con el fin de no generar volúmenes de material excedente no contemplados

FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: SUELO, MORFOLOGÍA	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
Al alterarse la morfología del terreno, algunas especies de flora pueden ser removidas con el fin de cumplir lo establecido	Evitar que el diseño involucre el remover una gran cantidad de flora del lugar, de no existir otra alternativa, reponer el daño, naturaleza por naturaleza.

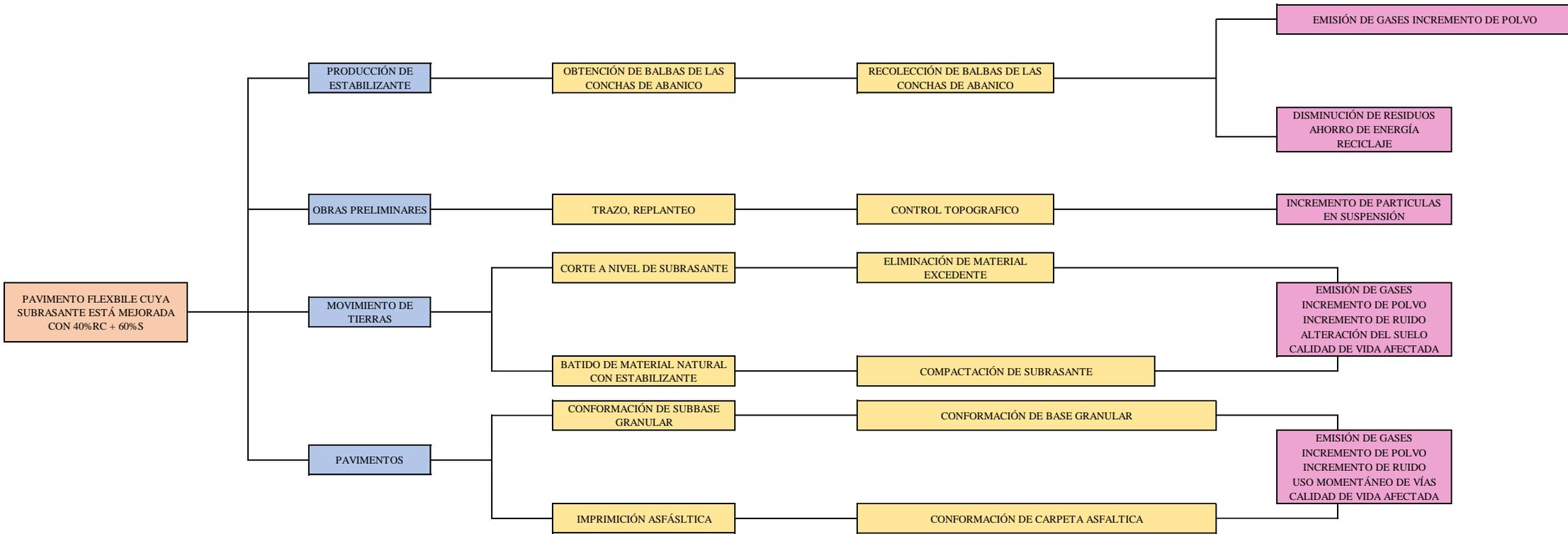
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: AIRE, PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
El incremento de polvo se generará debido al movimiento de tierras, así como también, por la conformación de las capas de estructurales del pavimento, el pulverizado de las balbas de concha de abanico	Se deberá proponer horarios de riego con el fin de disminuir la suspensión de este material particulado.

FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: FLORA	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
Debido al ruido generado por la maquinaria ahuyentará a las especies de animales colindantes a la zona	Procurar que los horarios de trabajo estén bien fijados y no se extiendan durante largos periodos de tiempo

FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: FACTOR HUMANO, CALIDAD DE VIDA	
IMPACTO IDENTIFICADO	ALTERNATIVA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
Las emisiones de gases como el ruido generado por las maquinarias producirán incomodidad en la población cercana al área de trabajo	Informar a la población sobre el proyecto, los horarios de trabajo y las interrupciones consiguientes, de esta forma, se evitarán futuros inconvenientes.



Gráfica 38: Identificación de impactos, propuesta: pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con Over. Fuente Propia.



Gráfica 39: Identificación de impactos, propuesta: pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con 40%RC + 60%. Fuente Propia.

La evaluación de impactos generados, se desarrolló mediante el método cualitativo de causa efecto denominado, matriz de Leopold, este método se realiza mediante una tabla de doble entrada, donde, las filas son rellenas con los factores ambientales identificados, en tanto las columnas, se completan con las acciones que afectarán al ambiente. A su vez, cabe recalcar que, este método expone de forma descriptiva cada uno de los impactos, así como también, los resultados globales obtenidos [54].

En el anexo 06 se presenta la matriz de Leopold desarrollada por cada propuesta, mostrándose a continuación los resultados obtenidos.

Nº	PROPUESTA	PUNTAJE	PORCENTAJE DE REDUCCION
1	Pavimento flexible cuya subrasante está mejorada de la forma tradicional (Over)	-592	61.15%
2	Pavimento flexible cuya subrasante esta mejorada con 60% RC + 40%S.	-362	
DIFERENCIA		-230	

Tabla 53: Resultados obtenidos del análisis por Matriz de Leopold. Fuente: Propia

En base al anexo 06, se afirma que, ambas propuestas presentan como acción más agresiva las excavaciones, en tanto, el factor ambiental más frágil, resultó ser el aire y el suelo, esto debido a la emisión de gases generados durante la etapa de construcción, así como también, al exceso de movimiento de tierras que se necesitará.

De la tabla 66, se observa que, la propuesta 02, es decir, la ejecución de pavimento flexible cuya subrasante estará mejorada con 40%RC + 60%S, reduce al 61.15% los impactos que genera la ejecución de pavimento con suelo estabilizado de forma tradicional (Over), esto se debe a la reutilización de residuos que se aplica en la segunda propuesta, lo cual genera una contribución con el reciclaje, ahorro de energía y generación de modelos de construcción amigables con el medio ambiente.

CONCLUSIONES

- Se demostró la validez de la hipótesis planteada, pues la incorporación de residuos calcáreos las propiedades físico-mecánicas de las subrasantes arcillosas provenientes de Av. La Despensa, JLO.
- Se caracterizó las muestras naturales de subrasantes arcillosas provenientes de Av. La Despensa, desde Antenor Orrego hasta Dorado, observándose que, todas las muestras naturales presentaron un pasante a la malla N°200 por encima del 80.00%, con una plasticidad entre alta (C-01, C-02 y C-03), clasificándolas según la metodología AASHTO y SUCS de la siguiente forma, las muestras C-01, C-02 Y C-03, resultó ser una arcilla de alta plasticidad A-6(13)-CL, a su vez, las tres muestras naturales se categorizaron como una subrasante POBRE ($CBR (95\%) \geq 3.00\%$).
- Las balbas de las conchas de abanico tratadas poseían una humedad natural de 0.43%, cuya densidad alcanzó los 2.10 g/ml, presentando un contenido total de 97.74 % de calcio (CA), silicio 0.688%, estroncio 0.577%, azufre 0.478%, potasio 0.376%, hierro 0.158%, fosforo 0.091%, circonio 0.059%. Teniendo en cuenta que el calcio es su principal componente.
- En base a los cambios cuantificados para las combinaciones, se concluye que el contenido de RC influye en las propiedades mecánicas experimentadas, esto debido a su composición química, obteniéndose mejores beneficios a medida que se incrementaba su cantidad, resultando el CBR (100%) decisivo para la elección de la combinación favorable, pues en este era mucho más evidente la influencia de cada estabilizante sobre las muestras (40%RC+60%S), mientras a la más desfavorable fue (50%RC + 50%S) presen un decrecimiento notorio CBR llegado así a valores muy cercanos a la muestra natural.
- De acuerdo a los cambios cuantificados en las muestras C-01, C-02 y C-03 al aplicar los porcentajes óptimos de los estabilizantes, es decir, 40%RC+60%S, se obtuvo lo siguiente, el IP se alteró en 2, 2 y 3 veces su valor natural, a su vez, la MDS, incrementó en 0.37, 0.25 y 0.20 veces su valor preliminar, en tanto, el CBR (95%), aumentó su valor en 7, 6.34 y 7.67 veces respecto la muestra natural, así mismo, el CBR (100%) incrementó su porcentaje original.

- Según los análisis de rentabilidad económica se concluye lo siguiente, a nivel de subrasante, la propuesta de incorporar al suelo 40%RC+60%S genera un costo de S/ 358.33 soles por cada 1.00m², incrementando el precio en 3 veces lo que demandaría la estabilización con Over, así mismo, a nivel de proyecto de pavimento flexible, cuando se mejora el suelo con 40%RC + 60% S se obtiene un ahorro de 4.00 pulgadas en la estructura del pavimento, sin embargo, este beneficio no se compensa con el sobre costo que genera la producción de los estabilizantes, pues esta alternativa resulta costando S/ 844,145. 57 soles por cada 500.00 m.
- En base al impacto ambiental evaluado para las dos propuestas de ejecución de pavimento flexible, se concluye que, aquel pavimento cuya subrasante esté mejorada con 40%RC+60%S, reducirá al 61.15% los impactos que generará la ejecución de pavimento cuya subrasante esté remplazada con Over, esto se debido a la reutilización de residuos que se aplican en la propuesta de interés, lo cual contribuye con el reciclaje, ahorro de energía y generación de modelos de construcción amigables con el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- En cuanto a los residuos calcáreos, se recomienda evaluar otro tipo de balba de la misma especie su comportamiento para tamaños de partículas mucho mayores, distintos porcentajes y/o extraerles el contenido de asfalto que presentan.

- Continuar investigando la aplicación de estos aditivos en otros tipos de suelos, para diferentes sectores del distrito de JLO, utilizando porcentajes diferentes a los de esta investigación.

- Desarrollar nuevos ensayos con el fin de evaluar otras propiedades físico-mecánicas.

- Para futuras investigaciones, evaluar la combinación de balbas de conchas de abanico con algún material cementante, como el cemento o la cal.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, C. (2019). Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3bakKDD>
- [2] Tech, Kashif , Khan. (2017). Mejora en las propiedades de ingeniería de suelos con fibra de yute. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3b6KHUC>
- [3] A. Carrillo Gil, “Comportamiento Del Suelo Tropical Peruano”, Mayo 2016, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3nAanLE>
- [4] Anticona, J. (2020). Adición de concha de abanico triturado como elemento estabilizador en suelos arenosos en la Avenida Umanmarca, Villa el Salvador 2020 (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lima. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3N13fcW>
- [5] Pezo, F. G. (2018). Mejoramiento y rehabilitación de la carretera vecinal Juan Guerra Bello Horizonte con estabilización de suelo cemento del terreno de fundación y capa de afirmado, distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín, Región San Martín (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martin, Tarapoto. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xz0F1d>
- [6] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, “Estudio De La Seguridad física De Los Acantilados De La Costa Verde” República del Perú Sector Energía y Minas, Perú, Informe, 18, 1997. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Ehe5kc>.
- [7] D. Luna Durán, “Zonificación Geotécnica de la Ciudad de Chiclayo”, Universidad Nacional De Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil, Perú, Informe Técnico, 1992. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3O34y5v>
- [8] “Pistas en JLO generan caos y enfermedades en el distrito”. La Industria De Chiclayo. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3u470kv>
- [9] A. Montejo Fonseca, Ingeniería de Pavimentos para Carrete, 2th ed. Colombia: 2002.

- [10] Pavimentos Urbanos, Instituto de la Construcción y Gerencias. CE 010-AÑO 2010. Disponible en: <https://bit.ly/3b8uwpX>
- [11] Ministerio de transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos (2014) [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3CemRyN>
- [12] Farfán Raymundo, P. Richard. “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”. Tesis de título. Universidad de Piura) [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3zHjiTi>
- [13]Nigeria, George, Rowland y Esenwa Ifechukwude. (2014). “Mechanical Stabilization of a Deltaic Clayey Soil using Crushed Waste Periwinkle Shells Port Harcourt. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3b3TImD>
- [14] Carnero López, Fernández Rodríguez Elena, Carreira Pérez (2009). “Mezclas de Zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales”. Escuela Politécnica Superior. Dpto. Enxeñeria Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3xWjsFa>
- [15] Carnero Chávez D, Chávez Martos J. (2020) a “influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo Chepate, distrito de Cascas, La Libertad”, Perú. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/11042/2333>
- [16] Álvarez, E. Marcos y Rivas, C. Juan (2021). Incorporación de aditivo terracyme, cemento en suelos arcillosos para mejorar la resistencia en sub rasante, La Peca -San Isidro km:8+500 – 8+600, Distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque (Tesis Pregrado): Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74731>
- [17] León Burga, J. y Marín Vásquez J. “Evaluar el uso de polímeros reciclados para el mejoramiento de vías no pavimentadas del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo – 202”1 (Tesis Pregrado): Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69544>

[18] Ministerio de transportes y Comunicaciones, Manual De Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción, EG-2013. Disponible en: <https://bit.ly/3mk85Rm>.

[19] Ministerio de transportes y Comunicaciones, Manual de ensayos de materiales, 2016. Disponible en: <https://bit.ly/3r3RBjc>

[20] Instituto de normas técnicas de costa rica, “Geotecnia. Especificación estándar para clasificación de suelos y mezclas de suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras”. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3QvIXUT>

[21] Instituto Nacional de Calidad, “Catalogo Normas técnicas peruanas”. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xF8z9w>

[22] Ley General del Ambiente, Congreso de la Republica Ley N° 28611- 2017 Disponible en: <https://bit.ly/3O3d2d1>

[23] C. Crespo Villalaz, Mecánica De Suelos Y Cimentaciones, 5th ed. México: Limusa,2004.

[24] Duque, E. G., & Escobar, Texto para la asignatura mecánica de mecanica de suelos I. Colombia, Manizales: Universidad Nacional Sede Manizales. P. C. (2002).

[25] Bañon, L. y Bevíá, J, Manual de Carreteras, construcción y mantenimiento. España: Universidad de alicante, 2002

[26] C. H. Higuera Sandoval , J. C. Gómez Cristancho y O. E. Pardo Naranjo, “Caracterización De Un Suelo Arcilloso Tratado Con Hidróxido De Calcio”, Revista Facultad De Ingeniería (UPTC), Vol. 21, N°.32, pp.21-40, Enero-Junio de 2012

[27] A. F. Castro Cuadra, “Estabilización De Suelos Arcilloso Con Ceniza De Cascara De Arroz Para El Mejoramiento De Subrasante”, Tesis de Pregrado, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3zGjMJt>

[28] Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Instituto del Mar del Perú. Lima, IMARPE (1996). [En línea]. Disponible en:

<https://bit.ly/3O1wIxT>

[29] M. Borja S. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2016.

[En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3tG2Z5r>

[30] Modernización De La Gestión Del Desarrollo Urbano De La Provincia De Chiclayo, Reglamento Para El Sistema Vial, 2011-2016.

[31] J. León Burga y J. C. Marín Vásquez, “Evaluar el Uso de Polímeros Reciclados para el Mejoramiento de Vías no Pavimentadas del Distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo – 2021”, Tesis de Pregrado, Chiclayo, Universidad Cesar Vallejo, Perú. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3OmrBsk>

[32] A. Burga Marrufo y O. V. J. F. Chávez Villalobos, “DISEÑO DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACION SANTA MARIA DISTRITO DE JOSE LONARDO ORTIZ - CHICLAYO - LAMBAYEQUE”, Tesis de Pregrado, Lambayeque, Universidad Pedro Ruiz Gallo, Perú. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3NWolOy>

[33] Costos, “Suplemento técnico mayo 2023”, Lima: Perú, informe técnico, 2023.

ANEXOS

ANEXOS**ANEXO 01:
DOCUMENTACIÓN**



CARTA DE PRESENTACIÓN

INGENIERO:

JOSÉ ALONSO TEJADA PÉREZ
Sub gerente de obras públicas
Municipalidad Distrital De José Leonardo Ortiz

Presente. -

ASUNTO: Presentación del plan de trabajo para ejecutar proyecto de tesis denominado:

“Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros de la Ciudad de Chiclayo”

De mi especial consideración:

Yo, **COTRINA VASQUEZ ELLAR ALEXANDER** identificado con DNI 72928493, con domicilio en Calle Las Palmeras N°1926 – José Leonardo Ortiz, es grato dirigirme a usted y expresarle:

Que en calidad de estudiante de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la “Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo”, en la ciudad de Chiclayo, departamento de Lambayeque, he optado por ejecutar el proyecto de tesis denominado:

“Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros de la Ciudad de Chiclayo”, planificándose su ejecución a partir del día 06/06/22, por tal motivo, mediante este documento presentarle el **PLAN DE TRABAJO** para llevar a cabo las actividades correspondientes al proyecto en Av. Despensa, siendo el tramo de interés comprendido entre las calles desde Dorado hasta Antonio Proceres del Distrito de José Leonardo Ortiz.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente:


Cotrina Vásquez Ellar Alexander
Estudiante de Ingeniería Civil
Ambiental, USAT

Chiclayo, 17 de Mayo de 2022

Ilustración N°1.1: Carta de presentación emitida por la universidad. Fuente: Propia



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LEONARDO ORTIZ
SUB GERENCIA DE OBRAS PUBLICAS

José Leonardo Ortiz, 08.de noviembre del 2021

CARTA N° 004 - 2021—MDJLO/JATP

GONZALES ZUÑE LUIS JHOSUT

Estudiante de Ingeniería Civil Ambiental

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - Chiclayo

Presente.-

ASUNTO

AUTORIZACION PARA EJECUCION DE TESIS

"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSAS INCORPORANDOLES AGREGADOS DE CARPETA ASFALTICA RECICLADA Y CENIZAS DE ASERRIN EN AV. VENEZUELA – DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ, CHICLAYO"

REFERENCIA: INFORME N° 054-2021-MDJLO/SGOP/JAVM

(08.11.2021)

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo y a la vez mediante documento de referencia; así mismo se AUTORIZA ejecutar dicho Proyecto en Av. Venezuela en el Tramo desde Próceres hasta España del Distrito de José Leonardo Ortiz. Proyecto denominado: "MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ARCILLOSAS INCORPORANDOLES AGREGADOS DE CARPETA ASFALTICA RECICLADA Y CENIZAS DE ASERRIN EN AV. VENEZUELA – DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ, CHICLAYO"

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente:


 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ L. ORTIZ


Ing. José Alonso Tejada Pérez
 SUB GERENTE DE OBRAS PUBLICAS

Ilustración N°1.2: Carta de autorización emitida por la Municipalidad. Fuente: Propia

ANEXO 02: PANEL FOTOGRAFICO



Ilustración N°2.1: Materia prima-Balbas de conchas de abanico Fuente: Propia

Ilustración N°2.2: Acumulación de balbas de conchas de abanico sacos 80 kg.

Fuente: Propia



Ilustración N°2.3: Evidencia de encuesta aplicada. Fuente: Propia

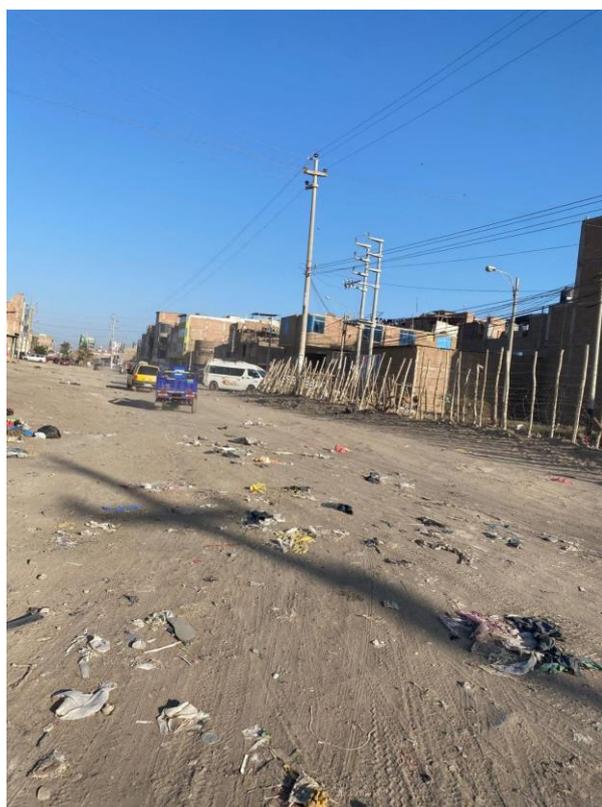


Ilustración N°2.4: Visita a campo realizada, fecha: 26/07/22. Fuente: Propia



Ilustración N°2.5: Ejecución de Calicata 01. Fuente: Propia



Ilustración N°2.6: Ejecución de Calicata 02. Fuente: Propia



Ilustración N°2.7: Ejecución de Calicata 03. Fuente: Propia



Ilustración N°2.8: Tamizado de la muestra natural. Fuente: Propia



Ilustración N°2.9: Traslado de la materia prima

Fuente: Propia



Ilustración N°2.10: Pulverizado de la concha de abanico. Fuente: Propia



Ilustración N°2.11: Proceso del pulverizado de la balba de concha de abanico

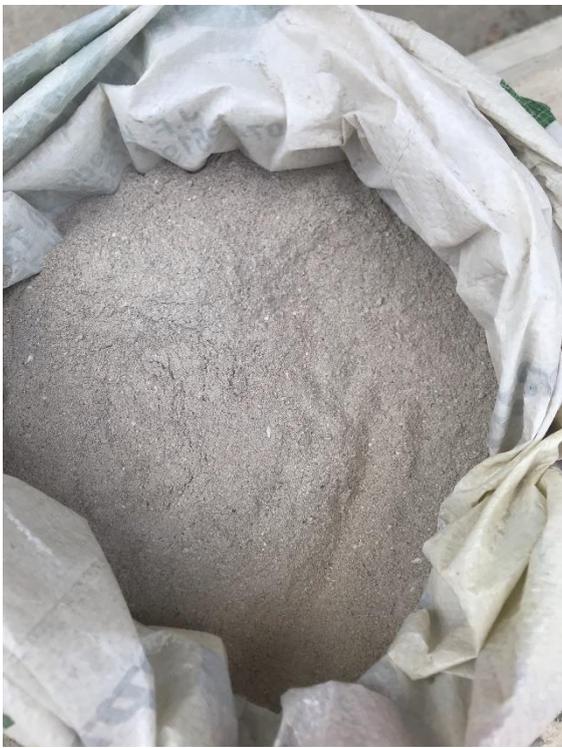


Ilustración N°2.12: Obtención del pulverizado. Fuente: Propia



Ilustración N°2.13: Colocación de muestra al horno - ensayo de humedad natural.
Fuente: Propia



Ilustración N°2.14: Registro de peso inicial muestra natural - ensayo de humedad natural.
Fuente: Propia



Ilustración N°2.15: Colocación de muestra natural en cuchara de Casagrande – ensayo limite líquido. Fuente: Propia



Ilustración N°2.16: Registro del peso para obtención de humedad – ensayo limite líquido.
Fuente: Propia



Ilustración N°2.20: Llenado de molde de compactación con muestra natural ensayo Proctor
Fuente: Propia



Ilustración N°2.21: Ensayo de CBR

Fuente: Propia

**ANEXO 05: DISEÑO DE
PAVIMENTO
FLEXIBLE BAJO
METODOLOGÍA
AASHTO 93**

**Tabla N°5.1: Diseño de
pavimento flexible
cuya subrasante está
mejorada con Over.
Fuente: Propia**

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASTHO-93

PROYECTO:	"Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros"
TESISTA:	Cotrina Vasquez, Ellar alexander

MÉTODO AASTHO -93

FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32\text{Log}_{10}(\text{Mr}) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

VARIABLES DEL DISEÑO

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

1.- ESTUDIO DE TRANSITO

1.1.- Transito (demanda)

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos con presión de 80 lb./pulg².

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$Tn = To(1 + i)^{n-1}$$

Donde:

Tn = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

To = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento.

1.2.- Determinación del tránsito existente.

El volumen existente en el tramo, considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

- a. El tránsito promedio semanal (TPDS) mediante conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+Sábado+Domingo), como mínimo, de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Así mismo en caso no hubiera información oficial, sobre pesos por eje, aplicable a la zona, se efectuara un censo de carga Vehicular durante 2 días consecutivos.
- b. Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.
- c. Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

Clase de Vía	EALs ^a (millones)	Nivel de Confiab. ^b (%)	Factor de Confiabil.(Fr)	EALs de diseño ^a (millones)
Expresas	7,5	90	3,775	28,4
Arteriales	2,8	85	2,929	8,3
Colectoras	1,3	80	2,390	3,0
Locales	0,43	75	2,010	0,84

Notas:
a. Basados en una vida de diseño de 20 años, 4% de crecimiento, 50% de tráfico direccional
b. Basada en una desviación estándar de 0,45.

FUENTE: CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	3,000,000.00
ESAL's(W18) =	3.00E+06

2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{R0}	75,000	150,000	65%
	T _{R1}	150,001	300,000	70%
	T _{R2}	300,001	500,000	75%
	T _{R3}	500,001	750,000	80%
	T _{R4}	750,001	1,000,000	80%
	T _{R5}	1,000,001	1,500,000	85%
Resto de Caminos	T _{R6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{R7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{R8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{R9}	7,500,001	10,000,000	90%
	T _{R10}	10,000,001	12,500,000	90%
	T _{R11}	12,500,001	15,000,000	90%
	T _{R12}	15,000,001	20,000,000	95%
	T _{R13}	20,000,001	25,000,000	95%
	T _{R14}	25,000,001	30,000,000	95%
	T _{R15}	>30,000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Cuadro 12.8
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{R0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{R1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{R2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{R3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{R4}	750,001	1,000,000	-0.842
	T _{R5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
Resto de Caminos	T _{R6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{R7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{R8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{R9}	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T _{R10}	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T _{R11}	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T _{R12}	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T _{R13}	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T _{R14}	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T _{R15}	>30,000,000		-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

R (%) = 85.00 %

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Zr = -1.036

2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

So = 0.450

4. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po = 4
Pt = 2.5

Δ PSI = Po - Pt

Δ PSI = 1.50

ESPESOR DE MATERIAL DE REEMPLAZO (OVER)

SN Sobre Subrasante regular (CBR > 6.00%)	4.62
SN Subrasante inadecuada (CBR > 2.90%)	3.61
Coefficiente estructural granular (CBR > 10.00%)	0.04

Esesor adoptado (m) = 0.3

5. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

CBR Prom. Subrasante (95% MDS) = 6.066 %

Mr = 8099.32 PSI

Número Estructural requerido SN = 3.986

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

15.213 ... Ecuación I

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(\text{Mr})$$

15.213 ... Ecuación II

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.17 /cm

a2 = 0.052 /cm

a3 = 0.047 /cm

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 1

m3 = 1

Espesor de capa Superficial

D1 = 10.00 Cm

Espesor de Base

D2 = 20.00 Cm

Espesor de Subbase

D3 = 20.00 Cm

Número Estructural requerido

SN = 3.986

Número Estructural calculado

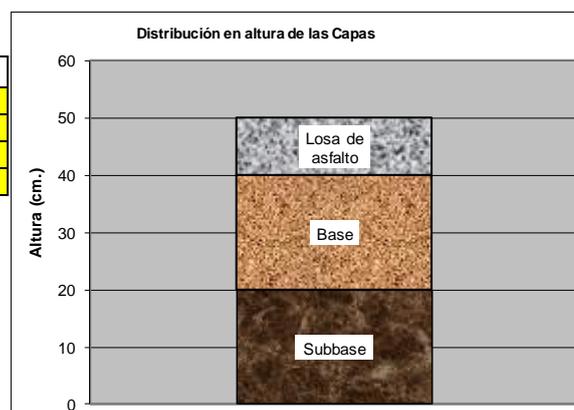
SN = 3.680

Comparando ambos "SN"

NO CUMPLE

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

	Pulg.	Cm.
Losa de C° Asfáltico	e= 4	10.00
Base Granular	e= 8	20.00
Subbase granular	e= 8	20.00
Subrasante	e= 12	30



**Tabla N°5.2: Diseño de
pavimento flexible cuya
subrasante está mejorada
con 40%RC + 60%S.**

Fuente: Propia

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASTHO-93

PROYECTO:	"Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos Arcillos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros"
TESISTA:	Cotrina Vasquez, Ellar alexander

MÉTODO AASTHO -93

FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32\text{Log}_{10}(\text{Mr}) - 8.07$$

Donde:

SN	= Número Estructural
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
Mr	= Módulo de Resiliencia

VARIABLES DEL DISEÑO

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

En base a este número estructural, se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo establecido en el proyecto.

1.- ESTUDIO DE TRANSITO

1.1.- Transito (demanda)

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos con presión de 80 lb./pulg².

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento.

1.2.- Determinación del tránsito existente.

El volumen existente en el tramo, considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

a. El tránsito promedio semanal (TPDS) mediante conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+Sábado+Domingo), como mínimo, de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Así mismo en caso no hubiera información oficial, sobre pesos por eje, aplicable a la zona, se efectuará un censo de carga Vehicular durante 2 días consecutivos.

b. Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

c. Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

Clase de Vía	EALs ^a (millones)	Nivel de Confiab. ^b (%)	Factor de Confiabil.(Fr)	EALs de diseño ^a (millones)
Expresas	7,5	90	3,775	28,4
Arteriales	2,8	85	2,929	8,3
Colectoras	1,3	80	2,390	3,0
Locales	0,43	75	2,010	0,84

Notas:
a. Basados en una vida de diseño de 20 años, 4% de crecimiento, 50% de tráfico direccional
b. Basada en una desviación estándar de 0,45.

FUENTE: CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	3,000,000.00
ESAL's(W18) =	3,00E+06

2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{10}	75,000	150,000	65%
	T_{11}	150,001	300,000	70%
	T_{12}	300,001	500,000	75%
	T_{13}	500,001	750,000	80%
	T_{14}	750,001	1,000,000	80%
	T_{15}	1,000,001	1,500,000	85%
Resto de Caminos	T_{16}	1,500,001	3,000,000	85%
	T_{17}	3,000,001	5,000,000	85%
	T_{18}	5,000,001	7,500,000	90%
	T_{19}	7,500,001	10,000,000	90%
	T_{20}	10,000,001	12,500,000	90%
	T_{21}	12,500,001	15,000,000	90%
	T_{22}	15,000,001	20,000,000	95%
	T_{23}	20,000,001	25,000,000	95%
	T_{24}	25,000,001	30,000,000	95%
	T_{25}	>30,000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

R (%) = 85.00 %

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{10}	75,000	150,000	-0.385
	T_{11}	150,001	300,000	-0.524
	T_{12}	300,001	500,000	-0.674
	T_{13}	500,001	750,000	-0.842
	T_{14}	750,001	1,000,000	-0.842
	T_{15}	1,000,001	1,500,000	-1.036
Resto de Caminos	T_{16}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{17}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{18}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{19}	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T_{20}	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T_{21}	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T_{22}	15,000,001	20,000,000	-1.545
	T_{23}	20,000,001	25,000,000	-1.545
	T_{24}	25,000,001	30,000,000	-1.545
	T_{25}	>30,000,000		-1.545

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Z_r = -1.036$$

2.2, ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

$$S_o = 0.450$$

4. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4$$

$$P_t = 2.5$$

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

5. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$\text{CBR Prom. Subrasante (95\% MDS)} = 14.89 \%$$

$$M_r = 14389.43 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } SN = 3.173$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$15.213 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r)$$

$$15.213 \dots \text{Ecuación II}$$

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	=	Número Estructural.
a1,2,3	=	Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d1,2,3	=	Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m2,3	=	Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a1 = 0.17 /cm

a2 = 0.052 /cm

a3 = 0.047 /cm

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

m2 = 1

m3 = 1

Espesor de capa Superficial

D1 = 10.00 Cm

Espesor de Base

D2 = 15.00 Cm

Espesor de Subbase

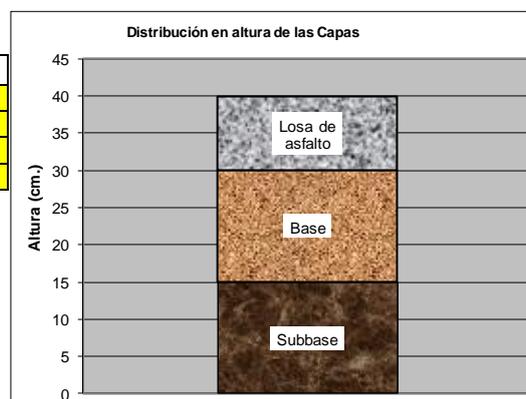
D3 = 15.00 Cm

Número Estructural requerido SN = 3.173

Número Estructural calculado SN = 3.185

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
	Pulg.	Cm.
Losa de C° Asfáltico	e= 4	10.00
Base Granular	e= 6	15.00
Subbase granular	e= 6	15.00
Subrasante	e= 12	30



ANEXO 06: MATRIZ DE LEOPOLD

MAGNITUD
Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo.

IMPORTANCIA
Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado.

PAVIMENTO FLEXIBLE-SUBRASANTE MEJORADA CON OVER

SUMA

OBRA PRELIMINAR	MOVIMIENTO DE TIERRAS				PAVIMENTOS					
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	PERFILADO NIVELACIÓN	COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE e=30m	ESTABILIZACIÓN OVER (8"-15"), h=0.30m	CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=20.00 cm.	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e=20.00cm	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	CONFORMACIÓN CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE e=10cm	

MAGNITUD

188

PROMEDIO

FACTORES AMBIENTALES	MEDIO NATURAL	MEDIO ABIÓTICO	MEDIO BIÓTICO	MEDIO PERCEPTUAL	DESCRIPCIÓN	MAGNITUD										SUMA			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	AIRE	EMISIÓN DE GASES	0	-4	-4	-4	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-30	32	-120	
			PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-17	10	-19
			EFLUVIOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8
		AGUA	NIVEL DEL RUIDO	0	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-26	17	-55
			AGUA SUBTERRÁNEA	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	2	-4
			CALIDAD DE AGUA	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	2	-4
	SUELO	MORFOLOGIA	0	-6	0	-1	-1	-1	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1	-16	16	-58	
		CALIDAD DEL SUELO	0	-2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-8	8	-10	
		FLORA	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-7	7	-7	
	BIÓTICO	FAUNA	ARBUSTOS	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-7	7	-7	
			ÁRBOLES	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-7	7	-7
		INSECTOS	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-7	7	-7	
	PERCEPTUAL	CALIDAD VISUAL	ANIMALES DOMÉSTICOS/ CALLEJEROS	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-7	7	-7	
			PAISAJE URBANO	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-6	8	-6
			CALIDAD DE VIDA	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-18	16	-36
MEDIO CULTURAL	SOCIO-CULTURAL	SEGURIDAD Y SALUD	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-18	16	-36		
		EMPLEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	9		
		TRANSPORTE	0	-2	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-13	9	-27	
		COMERCIO	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-8	8	-8	
MEDIO ECONÓMICO	SOCIO-CULTURAL	UTILIZACIÓN MOMENTANEA DE VIAS	0	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-15	15	-29		
		DISMINUCIÓN DE RESIDUOS	-1	-3	-2	2	2	2	2	-1	-2	-3	-3	-3	-15	17	-31		
		AHORRO DE ENERGÍA	0	-3	-3	-3	-3	-6	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-27	24	-81	
MEDIO AMBIENTAL	SOCIO-CULTURAL	RECICLAJE	0	-2	0	-1	-1	-6	-1	-1	-3	-3	-3	-3	-17	12	-41		
		MAGNITUD	-1	-42	-17	-25	-37	-32	-33	-37	-37	-37	-37	-37	-37		-592		
PROMEDIO						-1	-118	-44	-49	-89	-68	-71	-76	-76	-592				

Tabla N°6.1: Matriz de Leopold en pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con Over. Fuente: Propia

MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo. IMPORTANCIA Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado.					PAVIMENTO FLEXIBLE-SUBRASANTE MEJORADA CON 40% RC+ 60% S.											SUMA					
					PRODUCCIÓN DE ESTABILIZANTES		OBRA PRELIMINAR	MOVIMIENTO DE TIERRAS				PAVIMENTOS				MAGNITUD	IMPORTANCIA	PROMEDIO			
					RECOLECCIÓN DE RC	OBTENCIÓN DE RC	TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE	BATIDO DE MATERIAL NATURA CON 60% RC + 40% S	PERFILADO NIVELACIÓN COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE e=30m	CONFORMACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=15.00 cm.	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e=15.00 cm	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	CONFORMACIÓN CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE e=10cm						
FACTORES AMBIENTALES	MEDIO NATURAL	MEDIO ABIÓTICO	AIRE	EMISIÓN DE GASES	-1	-2	0	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-31	31	-117		
				PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-20	15	-28	
				EFLUVIOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	-8
				NIVEL DEL RUIDO	0	0	0	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	2	2	-48
		AGUA	AGUA SUBTERRÁNEA	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
			CALIDAD DE AGUA	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
			SUELO	MORFOLOGIA	0	0	0	-6	0	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	1	1	-59	
				CALIDAD DEL SUELO	0	0	0	-2	0	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-13	
			MEDIO BIÓTICO	FLORA	ARBUSTOS	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-7	
					ÁRBOLES	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-3	
	FAUNA	INSECTOS		0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-7			
		ANIMALES DOMÉSTICOS/ CALLEJEROS		0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-7			
	MEDIO PERCEPTUAL	CALIDAD VISUAL	PAISAJE URBANO	3	4	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-5	12	4		
	SOCIO-CULTURAL	CALIDAD DE VIDA	3	-1	0	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	2	2	-18	19	-35		
		SEGURIDAD Y SALUD	1	-1	0	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	2	2	-20	18	-40		
		ECONÓMICO	EMPLEO	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	12	16	
	TRANSPORTE		2	0	0	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	2	-15	12	-33		
	COMERCIO		0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-8	8	-8		
	UTILIZACIÓN MOMENTANEA DE VIAS		0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	2	-16	16	-32		
	AMBIENTAL	DISMINUCIÓN DE RESIDUOS	7	6	-1	-4	2	4	-2	-2	-2	-3	-3	2	2	2	31	55			
AHORRO DE ENERGÍA		3	3	0	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	3	3	-20	31	-51				
RECICLAJE		7	6	0	-3	0	4	-1	-1	-2	-3	-3	4	2	4	26	61				
MAGNITUD	IMPORTANCIA				28	20	3	37	26	38	27	32	33	33	33	-37		-362			
PROMEDIO					120	60	-1	-103	-55	-39	-56	-67	-70	-75	-76	-362					

Tabla N°6.2: Matriz de Leopold en pavimento flexible cuya subrasante está mejorada con 40%RC + 60%S. Fuente: Propia

ANEXO 07:
SUSTENTACIÓN DE
RESULTADOS DE
LABORATORIO

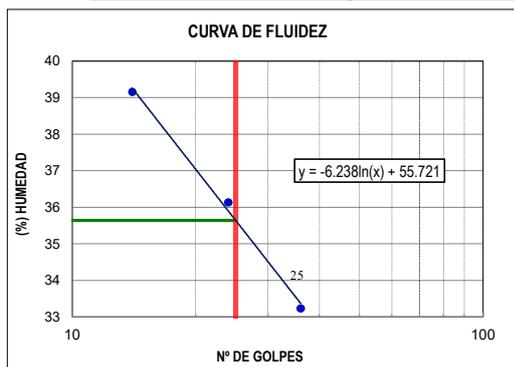
CERTIFICADO DE ENSAYO:
CONTENIDO DE HUMEDAD - LIMITE LÍQUIDO - LIMITE PLÁSTICO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREADO POR:	J.M.LL.J
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LL.J
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP:339.127 NTP 339.129
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.20 m - 1.70 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	822
TARRO + SUELO SECO	671
PESO DEL AGUA	151
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	671
PORCENTAJE DE HUMEDAD	22.50%

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	C-01	C-02	C-03	LP-12	LP-05	PROM.
Nº TARRO	C-01	C-02	C-03	LP-12	LP-05	PROM.
Nº DE GOLPES	36	24	14	-	-	-
TARRO+SUELO HUMEDO	35.71	48.60	45.42	28.82	30.88	29.85
TARRO+SUELO SECO	30.34	39.48	36.61	28.64	30.39	29.52
AGUA	5.37	9.12	8.81	0.18	0.49	0.33
PESO DEL TARRO	14.18	14.24	14.11	26.78	27.90	27.34
PESO DEL SUELO SECO	16.16	25.24	22.50	1.86	2.49	2.18
% DE HUMEDAD	33.23	36.13	39.16	9.68	19.68	14.68



SUELO NO PLÁSTICO	NO
-------------------	----

RESULTADOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(LL)	36
LÍMITE PLÁSTICO	(LP)	15
INDICE PLASTICIDAD	(IP)	21

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:  CORPORACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

TESISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO:

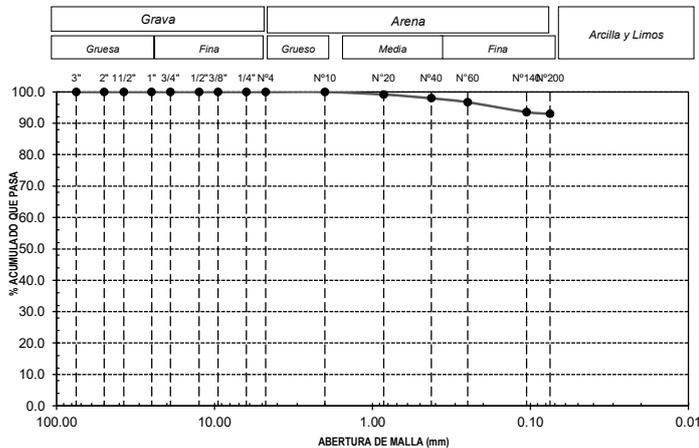
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ Nº 200 - CLASIFICACIÓN DEL SUELO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.128 NTP 339.132 NTP 339.134 NTP 339.135
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.20 m - 1.70 m
----------	-----	-------	-----	------------	-----------------

DATOS DE LA MUESTRA		TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO MUESTRA FINA	PESO RETENIDO FRACCIÓN FINA	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (gr.):		(Pul)	(mm)						
PESO FRACCIÓN GRUESA SECA NATURAL (gr.):	0.00	3"	75.000	0.00			0.00	0.00	100.00
PESO FRACCIÓN GRUESA LAVADA (gr.):	0.00	2"	50.000	0.00			0.00	0.00	100.00
PESO FRACCIÓN FINA (gr.):	389.00	1 1/2"	37.500	0.00			0.00	0.00	100.00
		1"	25.000	0.00			0.00	0.00	100.00
MUESTRA DE FRACCIÓN FINA (gr.):	389.00	3/4"	19.000	0.00			0.00	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.00			0.00	0.00	100.00
RELACION FRACCIÓN FINA/MUESTRA (gr.):	1.00	3/8"	9.500	0.00			0.00	0.00	100.00
		1/4"	6.300	0.00			0.00	0.00	100.00
PESO SUELO LAVADO (gr.):	27.31	Nº4	4.750	0.00			0.00	0.00	100.00
		Nº10	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
		Nº20	0.850	0.00	3.22	3.22	0.83	0.83	99.17
		N40	0.425	0.00	4.67	4.67	1.20	2.03	97.97
		Nº60	0.250	0.00	5.00	5.00	1.29	3.31	96.69
		Nº140	0.106	0.00	12.20	12.20	3.14	6.45	93.55
		Nº200	0.075	0.00	2.22	2.22	0.57	7.02	92.98
		< Nº 200 FONDO		389.00	361.69	361.69	92.98	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

MATERIAL PASANTE MALLA Nº200:	92.98%
MATERIAL PASANTE MALLA Nº4:	100%
MÓDULO DE FINEZA:	0.13
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:	0.2
COEFICIENTE DE CURVATURA:	1.3

CLASIFICACIÓN SUCS: CL

DESCRIPCIÓN DEL SUELO SUCS:

Arcilla de baja plasticidad

CLASIFICACIÓN AASHTO: A-6 (13)

DESCRIPCIÓN DEL SUELO AASHTO:

MALO

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO Nombre y firma: CORPORACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

TESISTA Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	NORMATIVA:	NTP 339.152
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		NTP 339.177 NTP 339.178
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	UBICACIÓN: 0.20 m - 1.70 m
--------------	-----------	----------------------------

SALES SOLUBLES

1	Muestra		A	B	PROM.
2	Peso de muestra	g	50	50	-
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	-
4	Número de beaker	-	-	-	-
5	Peso de beaker	g	27.72	27.10	-
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	27.88	27.26	-
7	Volumen de solución evaluado	ml	50	50	-
8	Relación: mezcla suelo - agua destilada	-	5.00	5.00	-
9	Residuo de sales	g	0.16	0.16	-
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	16000	16000	16000
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.60%	1.60%	1.60%

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:  CORPORACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

TESISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

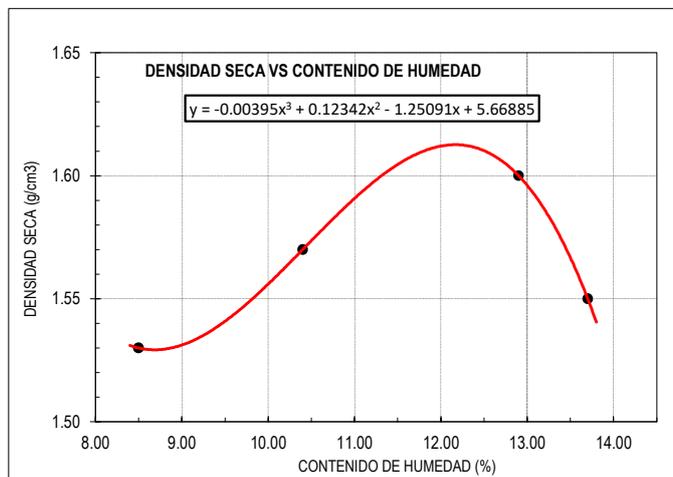
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.20 m - 1.70 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	5986	6034	6070	6045
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	50.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.884	1.935	1.974	1.947
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	161	205
Contenido de humedad	%	8.5	10.4	12.9	13.7
Densidad seca	g/cm ³	1.53	1.57	1.60	1.55



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.61
O.C.H (%)
12.28

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	UBICACIÓN: 0.20 m - 1.70 m
---------------------	------------------	-----------------------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12001	12041	11785	11828	11708	11870

2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	317.00	304.00	413.00	335.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	310.00	255.00	296.00	281.00	392.00	322.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	29.00	27.00	21.00	23.00	21.00	13.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	264.00	209.00	249.00	234.00	348.00	278.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	12.11	12.26	10.37	10.47	8.05	8.14

3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	3934	3974	3713	3756	3549	3711
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.869	1.888	1.778	1.799	1.711	1.789
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.601	1.609	1.565	1.581	1.534	1.531

EXPANSION

MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	Expansión			Expansión			Expansión		
			DIAL (mm)	(mm)	(%)	DIAL (mm)	(mm)	(%)	DIAL (mm)	(mm)	(%)
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.037	0.037	0.032%
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.060	0.060	0.052%	0.051	0.051	0.044%	0.040	0.040	0.035%
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.065	0.065	0.056%	0.053	0.053	0.045%	0.042	0.042	0.036%

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTAND AR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
:Nombre y firma

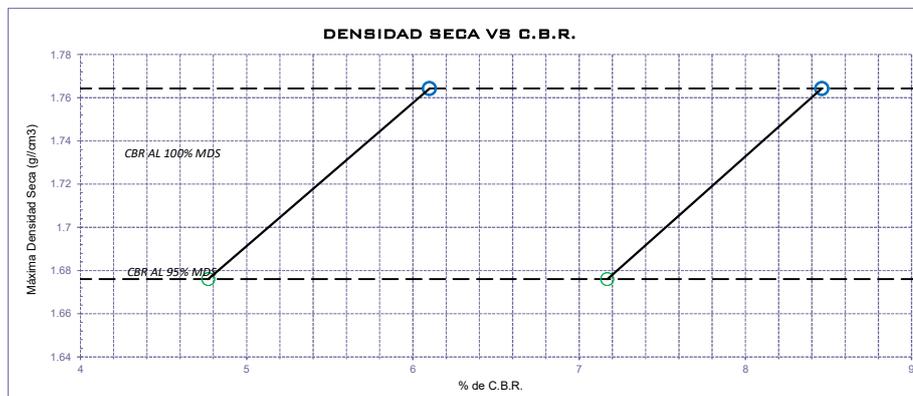
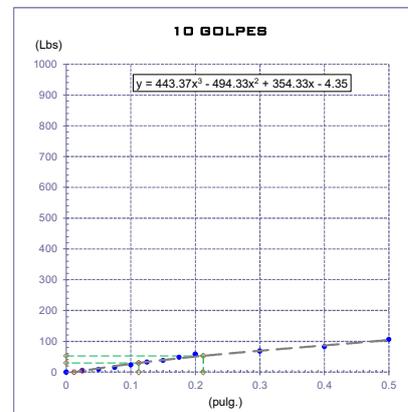
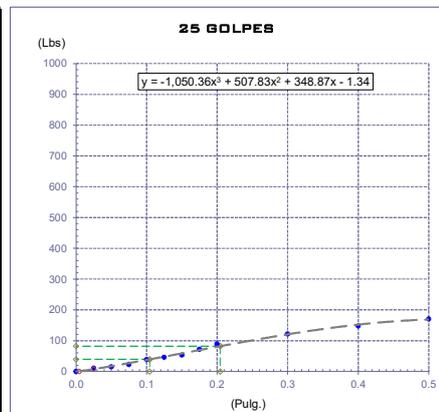
TESISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: **RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)**

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	0.20 m - 1.70 m
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	12.28
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.61
95% MDS (g/cm3)	1.53

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	4.09
CBR al 95% de MDS (%)	3.12
CBR al 100%: 0.2"	8.34
CBR al 95% de MDS (%)	5.49



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

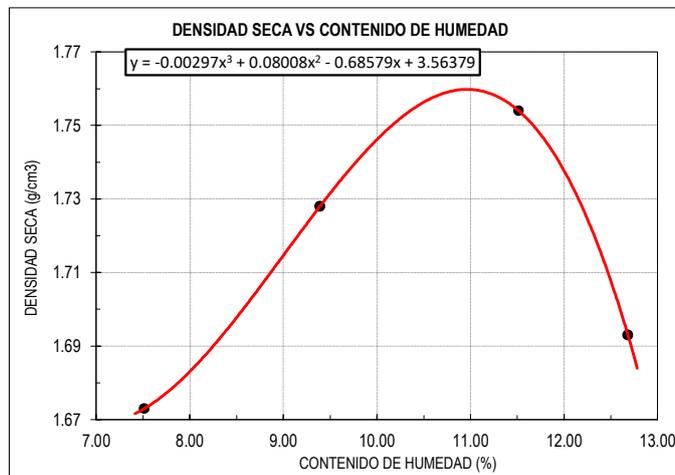
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6002	6086	6174	6149
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.901	1.991	2.085	2.058
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.67	1.73	1.75	1.69



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.76
O.C.H (%)
10.99

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER CONTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	-----------------	-------------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12130		12164		11940	

2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00		47.00		44.00	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	345.00		319.00		308.00	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	312.00		289.00		397.00	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	33.00		30.00		21.00	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	266.00		242.00		353.00	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.45		9.40		8.38	

3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4063		3868		3597	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.930		1.852		1.734	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.747		1.693		1.600	

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	Expansión			Expansión			Expansión					
			DIAL (mm)	(mm)	(%)	DIAL (mm)	(mm)	(%)	DIAL (mm)	(mm)	(%)			
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma

CORPORACIÓN INCELL
JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

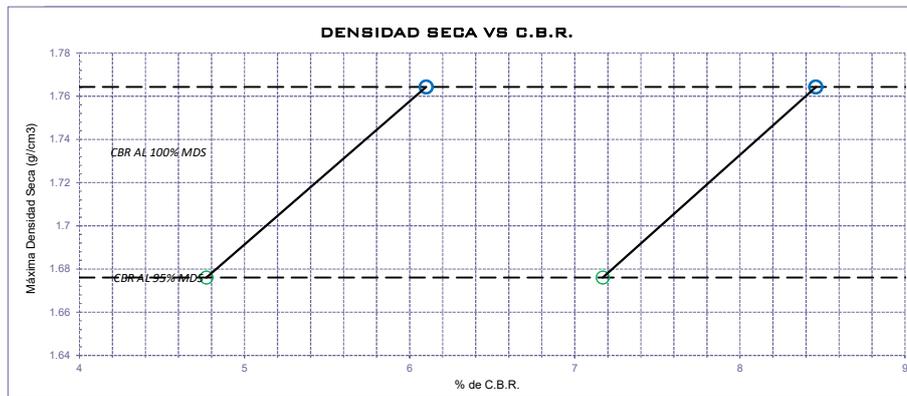
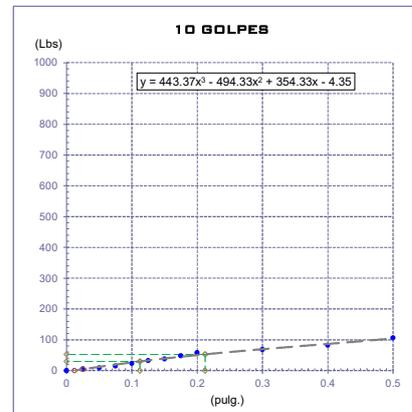
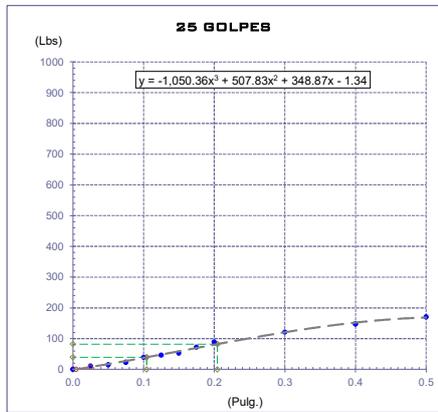
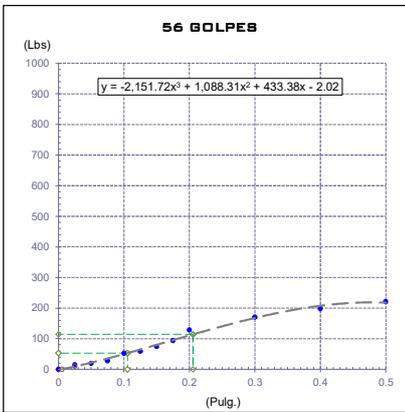
ESPECIALISTA
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.99
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.76
95% MDS (g/cm ³)	1.67

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.64
CBR al 95% de MDS (%)	5.25
CBR al 100%: 0.2"	16.00
CBR al 95% de MDS (%)	8.02



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma: <div style="text-align: center;"> INCELL JORGE M. LLICÁN UACINTO LABORATORISTA </div>

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

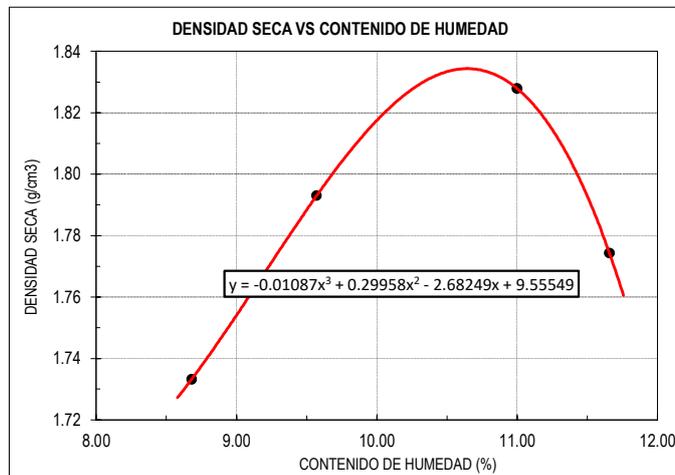
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6005	6087	6179	6150
Peso del envase + suelo humedo	g	245	249	235	274
Peso del envase + suelo seco	g	228	232	219	259
N° de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.904	1.992	2.090	2.059
Peso del agua	g	17.0	17.0	16.0	15.0
Peso de suelo seco	g	181	185	173	214
Contenido de humedad	%	8.7	9.6	11.0	11.7
Densidad seca	g/cm ³	1.73	1.79	1.83	1.77



RESULTADOS

M.D.S (g/cm³)
1.83

O.C.H (%)
10.64

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:

TESISTA

:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER CONTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN: 20% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	---

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12125		11935		11780	

2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00		47.00		44.00	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	331.00		322.00		308.00	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	301.00		293.00		273.00	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	30.00		29.00		35.00	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	255.00		246.00		226.00	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.12		9.49		8.63	

3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4058		3863		3621	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.928		1.850		1.746	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.731		1.627		1.545	

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%	0.035	0.030%	0.030%
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.054	0.054	0.047%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%	0.036	0.031%	0.031%
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.058	0.058	0.050%	0.049	0.049	0.042%	0.038	0.038	0.033%	0.038	0.033%	0.033%
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.062	0.062	0.053%	0.051	0.051	0.044%	0.039	0.039	0.034%	0.039	0.034%	0.034%

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO

.Nombre y firma



CORPORACION
INCELL
JORGE M. LLICAN UACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

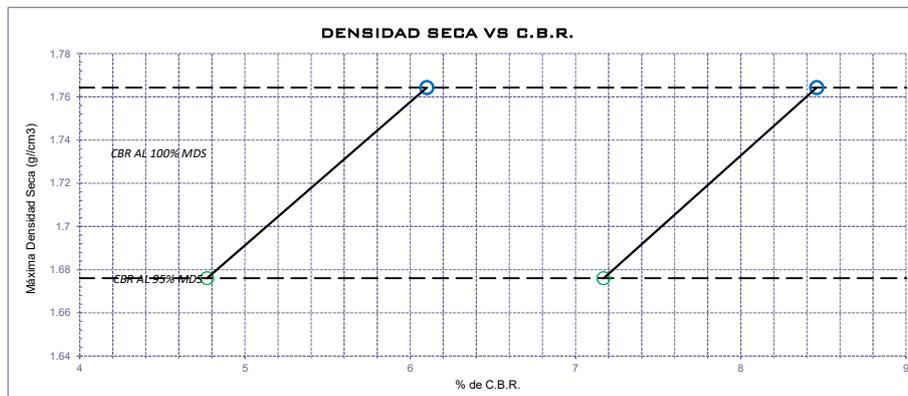
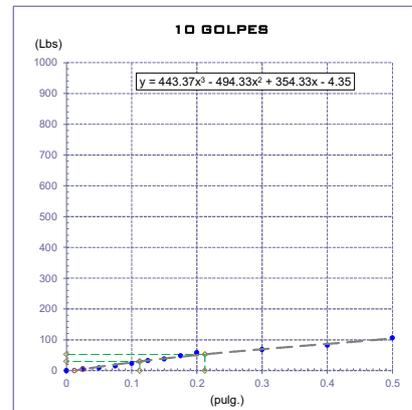
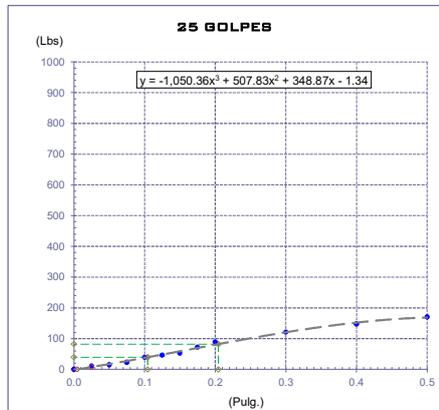
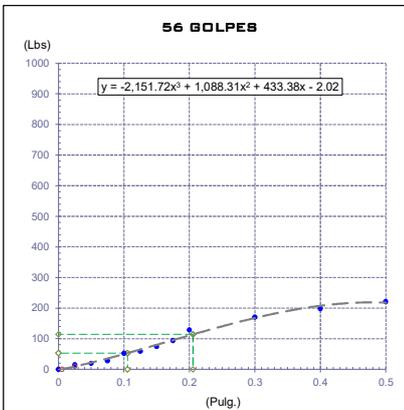
.Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.64
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.83
95% MDS (g/cm ³)	1.74

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.64
CBR al 95% de MDS (%)	5.25
CBR al 100%: 0.2"	16.00
CBR al 95% de MDS (%)	8.02



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:

INCELL
 JORGE M. LLICÁN JACINTO
 LABORATORISTA

TESISTA

Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

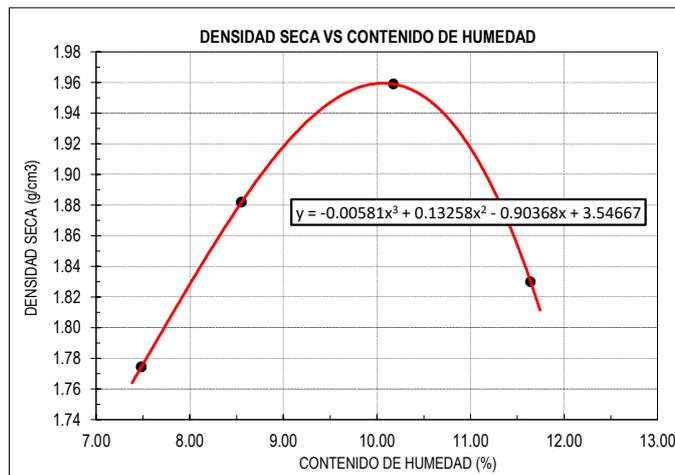
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	5966	6064	6148	6137
Peso del envase + suelo humedo	g	238	242	225	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	256
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.863	1.967	2.057	2.045
Peso del agua	g	18.0	14.0	14.0	20.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	211
Contenido de humedad	%	7.5	8.6	10.2	11.6
Densidad seca	g/cm ³	1.77	1.88	1.96	1.83



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.96
O.C.H (%)
10.36

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDECENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN: 40% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	---

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12118	12151	11929	12032	11767	11871
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	330.00	287.00	323.00	308.00	417.00	342.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	304.00	263.00	297.00	281.00	387.00	319.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	26.00	24.00	26.00	27.00	30.00	23.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	258.00	217.00	250.00	234.00	343.00	275.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.26	10.33	9.40	9.54	8.36	8.75
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4051	4084	3857	3960	3608	3712
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.924	1.940	1.847	1.896	1.740	1.790
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.745	1.758	1.688	1.731	1.606	1.646

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)				
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
:Nombre y firma
CERTIFICACION INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

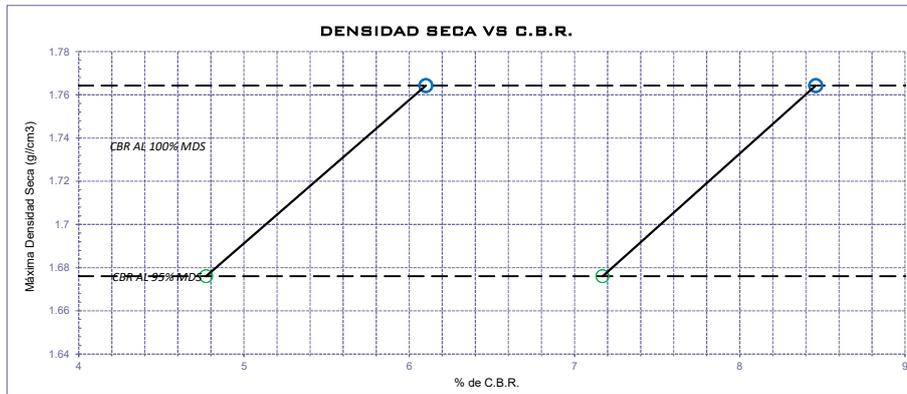
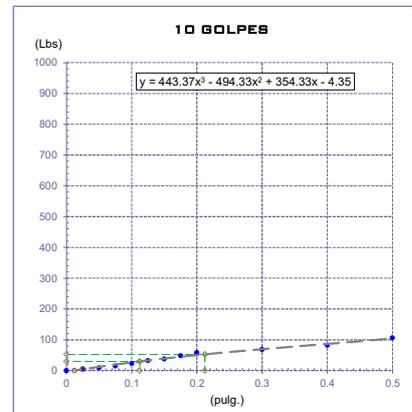
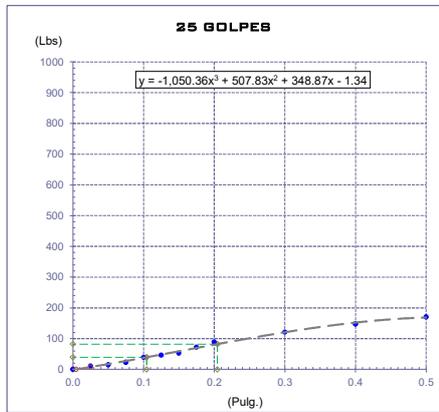
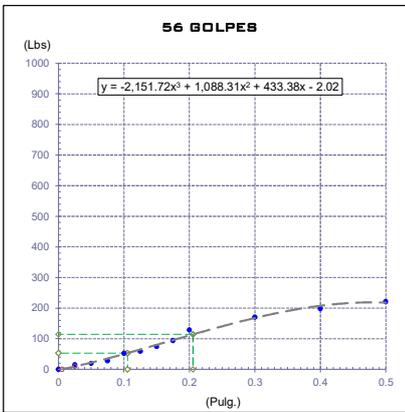
TESISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.36
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.96
95% MDS (g/cm ³)	1.86

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.25
CBR al 95% de MDS (%)	5.82
CBR al 100%: 0.2"	16.71
CBR al 95% de MDS (%)	9.25



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:

**CORPORACIÓN
INCELL**
 JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

TESISTA

Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

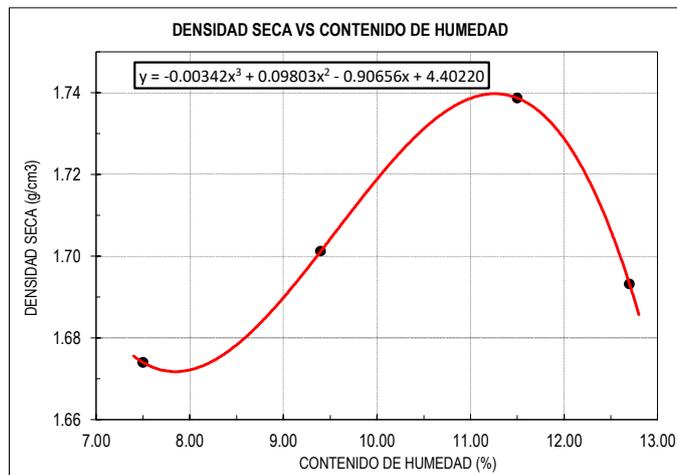
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6012	6092	6183	6164
Peso del envase + suelo humedo	g	235	247	229	277
Peso del envase + suelo seco	g	218	229	213	254
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.912	1.997	2.094	2.074
Peso del agua	g	17.0	18.0	16.0	23.0
Peso de suelo seco	g	171	182	167	209
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.67	1.70	1.74	1.69



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.74
O.C.H (%)
11.33

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	50% DE RESIDUO CALCAREO
----------	-----	-------	-----	----------	-------------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12116		11935		11714	
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00		47.00		44.00	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	335.00		319.00		303.00	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	314.00		294.00		276.00	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	21.00		25.00		27.00	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	268.00		247.00		229.00	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	11.13		10.12		9.30	
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4049		3863		3555	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.923		1.850		1.714	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.711		1.680		1.568	

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)				
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma

CORPORACIÓN
INCELL
JORGE M. LLICÁN JACINTO
LABORATORISTA

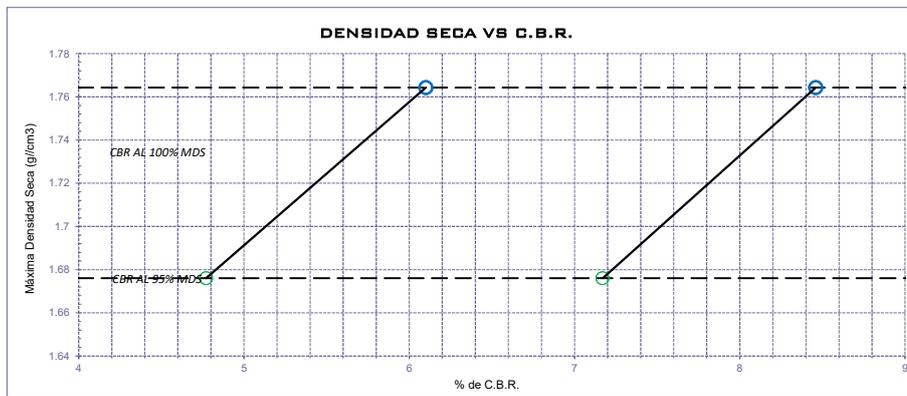
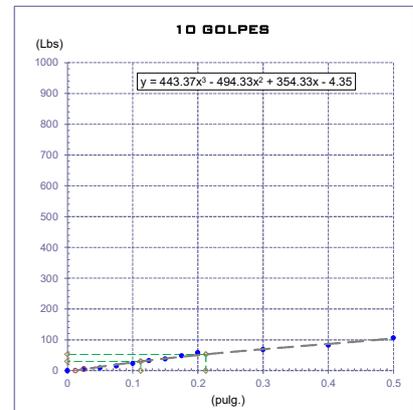
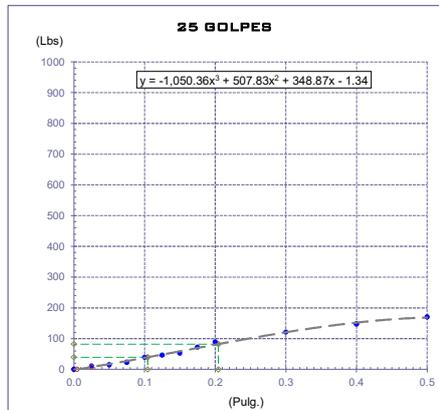
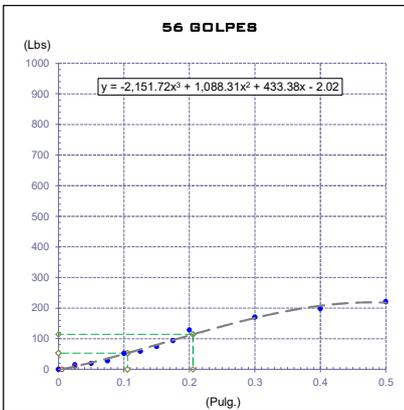
ESPECIALISTA
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.33
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.74
95% MDS (g/cm ³)	1.65

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.72
CBR al 95% de MDS (%)	4.98
CBR al 100%: 0.2"	15.75
CBR al 95% de MDS (%)	8.30



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

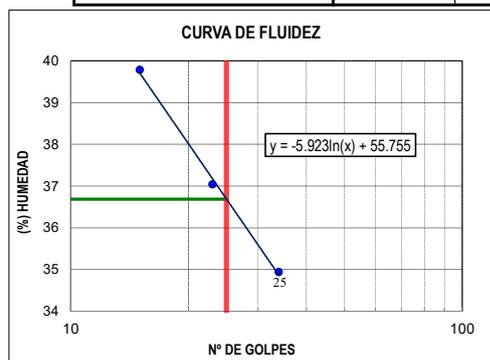
CERTIFICADO DE ENSAYO:
CONTENIDO DE HUMEDAD - LIMITE LÍQUIDO - LIMITE PLÁSTICO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREADO POR:	J.M.LL.J
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LL.J
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP:339.127 NTP 339.129
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	623
TARRO + SUELO SECO	528
PESO DEL AGUA	95
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	528
PORCENTAJE DE HUMEDAD	17.99%

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nº TARRO	LP-11	LP-12	LP-13	LP-06	LP-05	PROM.
Nº DE GOLPES	34	23	15	-	-	-
TARRO+SUELO HUMEDO	35.98	45.14	42.73	30.30	30.88	30.59
TARRO+SUELO SECO	30.34	40.48	34.61	29.95	30.52	30.24
AGUA	5.64	4.66	8.12	0.35	0.36	0.36
PESO DEL TARRO	14.20	27.90	14.20	27.76	27.90	27.83
PESO DEL SUELO SECO	16.14	12.58	20.41	2.19	2.62	2.41
% DE HUMEDAD	34.94	37.04	39.78	15.98	13.74	14.86



SUELO NO PLÁSTICO	NO
-------------------	----

RESULTADOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(LL)	37
LÍMITE PLÁSTICO	(LP)	15
INDICE PLASTICIDAD	(IP)	22

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO:

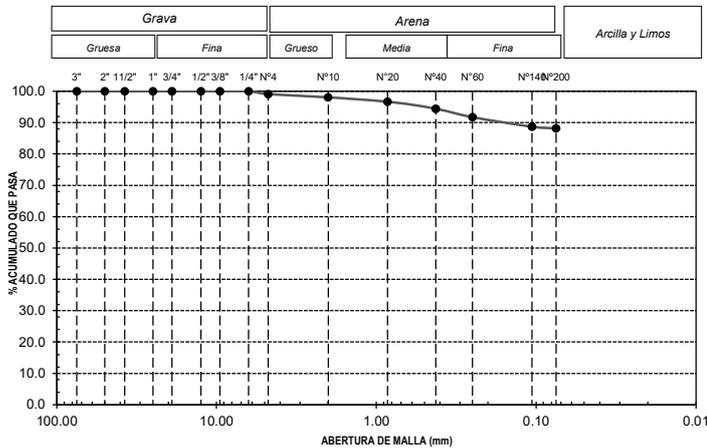
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ N° 200 - CLASIFICACIÓN DEL SUELO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.128 NTP 339.132 NTP 339.134 NTP 339.135
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
----------	-----	-------	-----	------------	-----------------

DATOS DE LA MUESTRA		TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO MUESTRA FINA	PESO RETENIDO FRACCIÓN FINA	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (gr.)		(Pul)	(mm)						
PESO FRACCIÓN GRUESA SECA NATURAL (gr.):	0.00	3"	75.000	0.00			0.00	0.00	100.00
		2"	50.000	0.00			0.00	0.00	100.00
PESO FRACCIÓN GRUESA LAVADA (gr.):	3.67	1 1/2"	37.500	0.00			0.00	0.00	100.00
		1"	25.000	0.00			0.00	0.00	100.00
PESO FRACCIÓN FINA (gr.):	405.33	3/4"	19.000	0.00			0.00	0.00	100.00
		1/2"	12.500	0.00			0.00	0.00	100.00
MUESTRA DE FRACCIÓN FINA (gr.):	409.00	3/8"	9.500	0.00			0.00	0.00	100.00
		1/4"	6.300	0.00			0.00	0.00	100.00
RELACION FRACCIÓN FINA/MUESTRA (gr.):	0.99	N°4	4.750	3.67			0.90	0.90	99.10
		N°10	2.000	0.00	4.33	4.29	1.05	1.95	98.05
PESO SUELO LAVADO (gr.):	44.83	N°20	0.850	0.00	5.67	5.62	1.37	3.32	96.68
		N40	0.425	0.00	9.23	9.15	2.24	5.56	94.44
		N°60	0.250	0.00	11.23	11.13	2.72	8.28	91.72
		N°140	0.106	0.00	12.56	12.45	3.04	11.32	88.68
		N°200	0.075	0.00	2.22	2.20	0.54	11.86	88.14
		< N° 200	FONDO	405.33	363.76	360.50	88.14	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

MATERIAL PASANTE MALLA N°200:	88.14%
MATERIAL PASANTE MALLA N°4:	99.1%
MÓDULO DE FINEZA:	0.31
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:	0.2
COEFICIENTE DE CURVATURA:	1.3

CLASIFICACIÓN SUCS: CL

DESCRIPCIÓN DEL SUELO SUCS:

Arcilla de baja plasticidad

CLASIFICACIÓN AASHTO: A-6 (13)

DESCRIPCIÓN DEL SUELO AASHTO:

MALO

GRUPO LLIFI E.I.R.L

<p>TECNICO</p> <p>Nombre y firma:</p> <p>GRUPO LLIFI E.I.R.L. JÓRGE M. LLICANLACINTO LABORATORISTA</p>	<p>ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma:</p>
--	--



CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	NORMATIVA:	NTP 339.152
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		NTP 339.177 NTP 339.178
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	UBICACIÓN: 0.10 m - 1.60 m
--------------	-----------	----------------------------

SALES SOLUBLES

	Muestra		A	B	PROM.
1	Muestra				
2	Peso de muestra	g	50	50	-
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	-
4	Número de beaker	-	-	-	-
5	Peso de beaker	g	27.72	27.10	-
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	27.85	27.22	-
7	Volumen de solución evaluado	ml	50	50	-
8	Relación: mezcla suelo - agua destilada	-	5.00	5.00	-
9	Residuo de sales	g	0.13	0.12	-
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	13000	12000	12500
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.30%	1.20%	1.25%

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:  CORPORACION INCELL JORGE M. LLICANHUACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

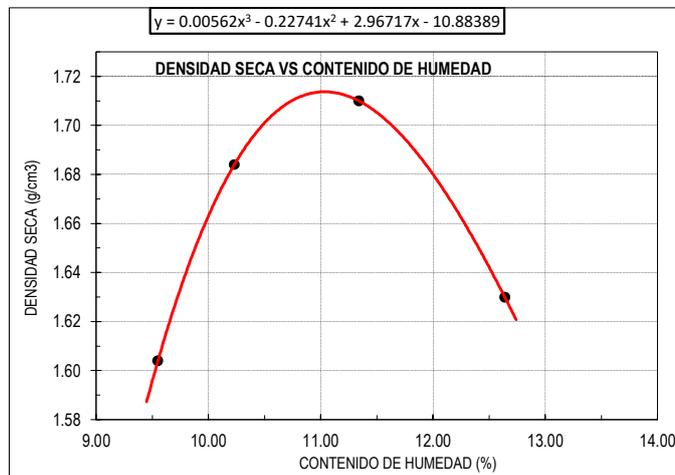
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	5998	6081	6171	6143
Peso del envase + suelo humedo	g	230	242	226	272
Peso del envase + suelo seco	g	218	227	213	247
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.897	1.986	2.082	2.052
Peso del agua	g	12.0	15.0	13.0	25.0
Peso de suelo seco	g	171	180	167	202
Contenido de humedad	%	9.6	10.2	11.3	12.6
Densidad seca	g/cm ³	1.60	1.68	1.71	1.63



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.71
O.C.H (%)
11.38

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:
 CORP. INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER CONTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	UBICACIÓN: 0.10 m - 1.60 m
---------------------	------------------	-----------------------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12126		11930		11867	

2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00		47.00		44.00	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00		319.00		338.00	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00		298.00		321.00	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00		21.00		17.00	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00		251.00		277.00	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	11.25		9.37		7.24	

3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4059		3858		3560	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.928		1.847		1.788	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.702		1.658		1.667	

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)		Expansión (mm) (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-	0.000	-	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%	0.035	0.030%	
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%	0.036	0.031%	
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%	0.038	0.033%	
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%	0.039	0.034%	

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO

.Nombre y firma



JORGE M. LLICÁN JACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

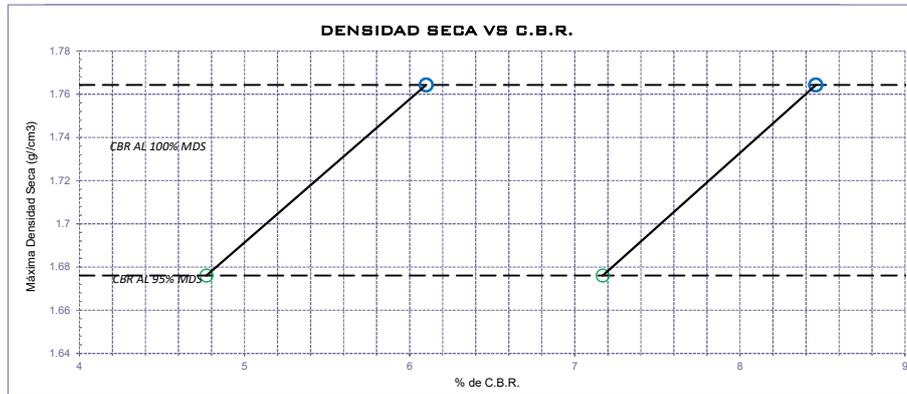
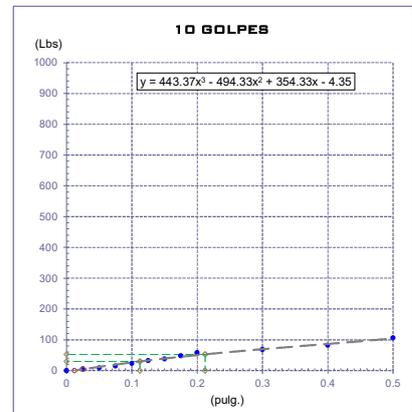
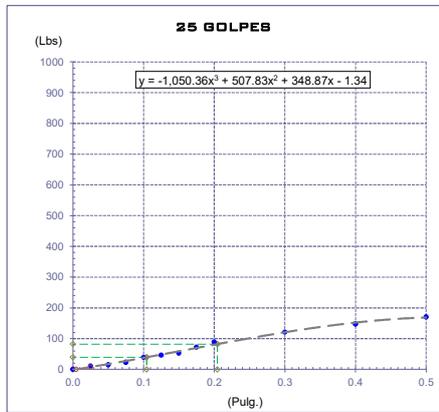
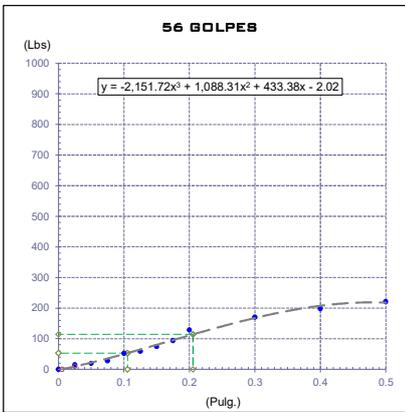
.Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	0.10 m - 1.60 m
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.38
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.71
95% MDS (g/cm ³)	1.62

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	4.13
CBR al 95% de MDS (%)	3.18
CBR al 100%: 0.2"	8.60
CBR al 95% de MDS (%)	4.54



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma: <div style="text-align: center;"> </div>

ESPECIALISTA
Nombre y firma:



CERTIFICADO DE ENSAYO:

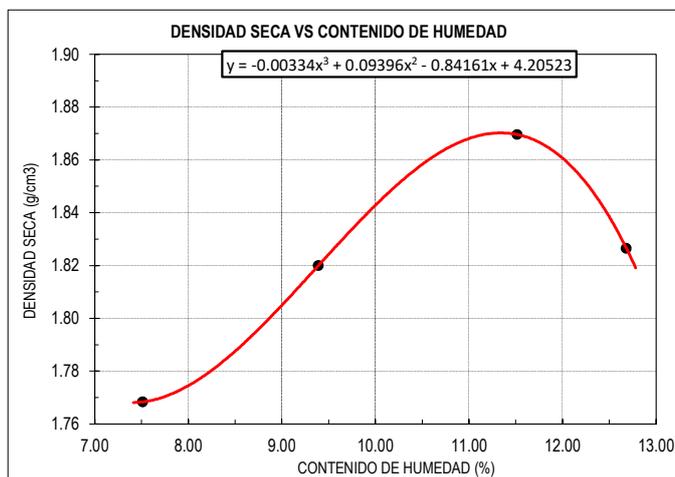
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6002	6086	6174	6149
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.901	1.991	2.085	2.058
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.77	1.82	1.87	1.83



RESULTADOS

M.D.S (g/cm³)

1.76

O.C.H (%)

10.99

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:


JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma


ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"						
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE						
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ				NORMATIVA:	NTP 339.145	
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022		PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO			

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN: 20% DE RESIDUO CALCAREO
--------------	-----------	----------------------------------

1. Datos:

		1		2		3	
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870

2. Cálculo de contenido de humedad:

		P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14

3. Resultados:

3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686

EXPANSION

MOLDE		1				2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión		
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	0.000	-	-	0.000	-	-	
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%	
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%	
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%	
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%	

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm		lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L

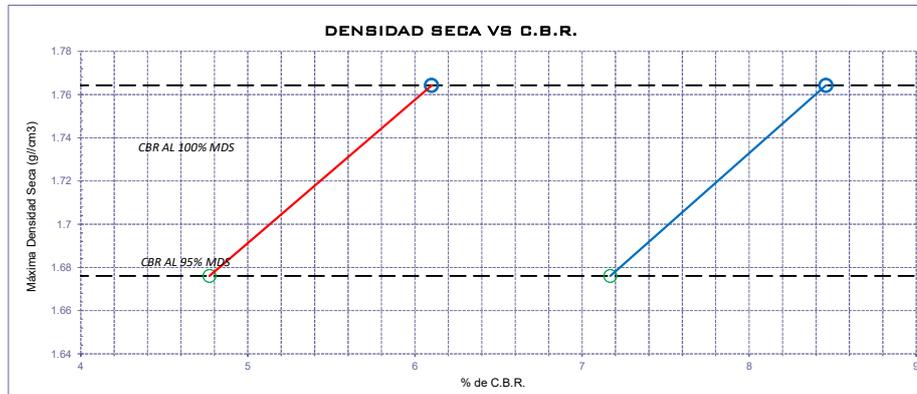
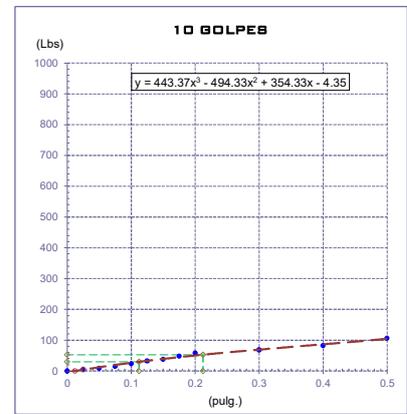
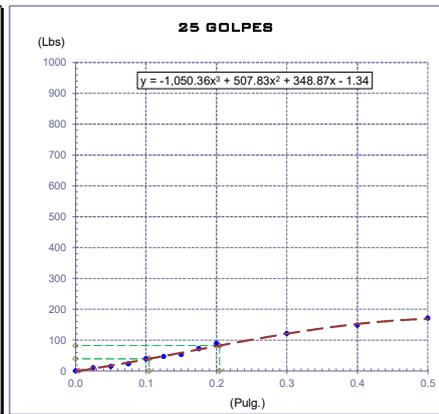
TECNICO	ESPECIALISTA
Nombre y firma:  CORPORACION INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	Nombre y firma:  ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: **RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)**

TESISTA:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.99
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.76
95% MDS (g/cm ³)	1.67

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.64
CBR al 95% de MDS (%)	5.25
CBR al 100%: 0.2"	16.00
CBR al 95% de MDS (%)	8.02



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

:Nombre y firma


JORGE M. LLICANUCINTO
 LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma


ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO:

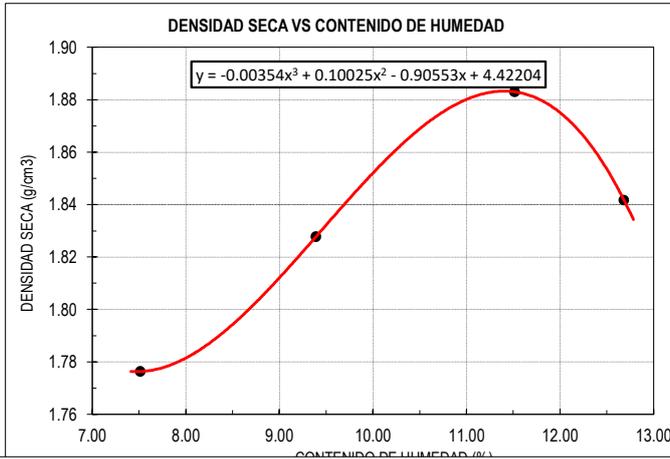
PROCTOR MODIFICADO

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6010	6094	6188	6165
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.910	1.999	2.100	2.075
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.78	1.83	1.88	1.84



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.74
O.C.H (%)
11.33

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO

Nombre y firma:



JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma



ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"						
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE						
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ				NORMATIVA:	NTP 339.145	
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022		PROCEDECENCIA	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO			

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN : 50% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	--

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volumen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686

EXPANSION

MOLDE		1				2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%

PENETRACION

MOLDE		CARGA ESTANDAR	1					2					3				
PENETRACION			CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO

Nombre y firma:



CURSOS DE INCELL
JORGE M. LLICANUACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma:



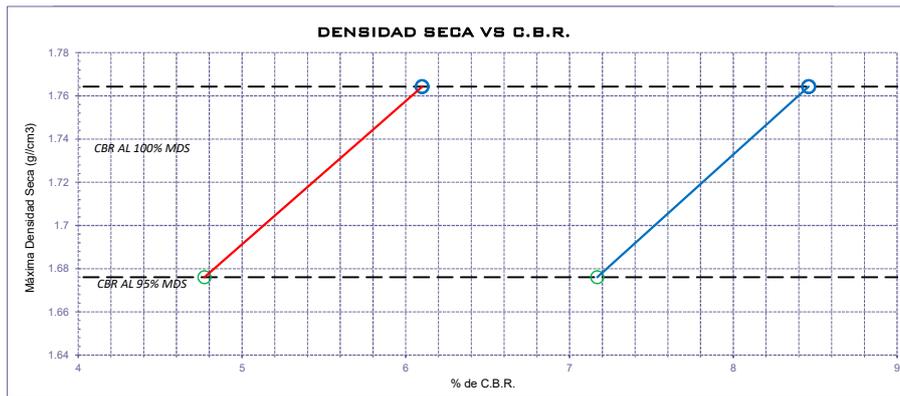
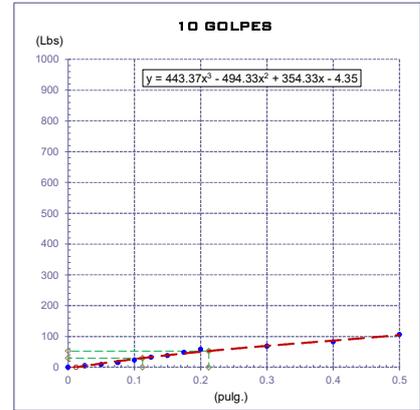
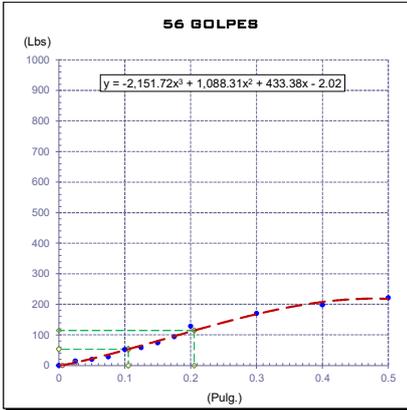
ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.33
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.74
95% MDS (g/cm3)	1.65

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.10
CBR al 95% de MDS (%)	6.70
CBR al 100%: 0.2"	15.75
CBR al 95% de MDS (%)	8.30



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

:Nombre y firma


CORPORACION INCELL
JORGE M. LLICAN UACINTO
 LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma


ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 161037



CERTIFICADO DE ENSAYO:

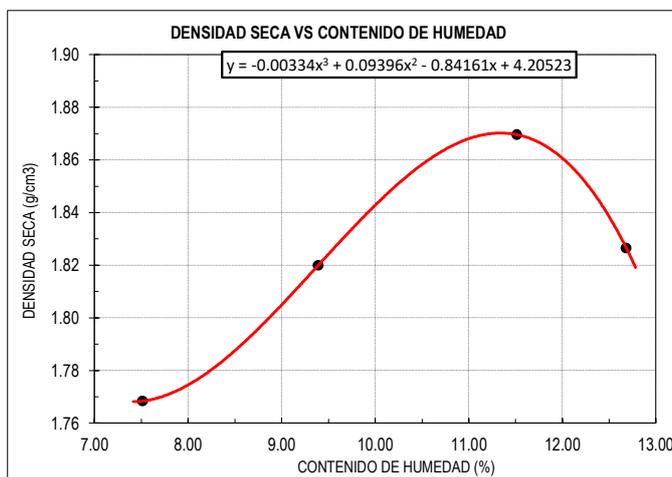
PROCTOR MODIFICADO

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6002	6086	6174	6149
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.901	1.991	2.085	2.058
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.77	1.82	1.87	1.83



RESULTADOS

M.D.S (g/cm³)

1.83

O.C.H (%)

10.64

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:


JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma:


ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN :	30% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	------------------	-------------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686

EXPANSION

MOLDE		1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)			
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-		
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%		
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%		
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%		
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%		

PENETRACION

MOLDE		1						2						3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA						CARGA						CARGA					
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%			
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00					
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14					
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82					
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70					
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98			
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33					
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21					
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50					
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52			
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34					
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31					
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56					

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:



JORGE M. LLIVAN JACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma:



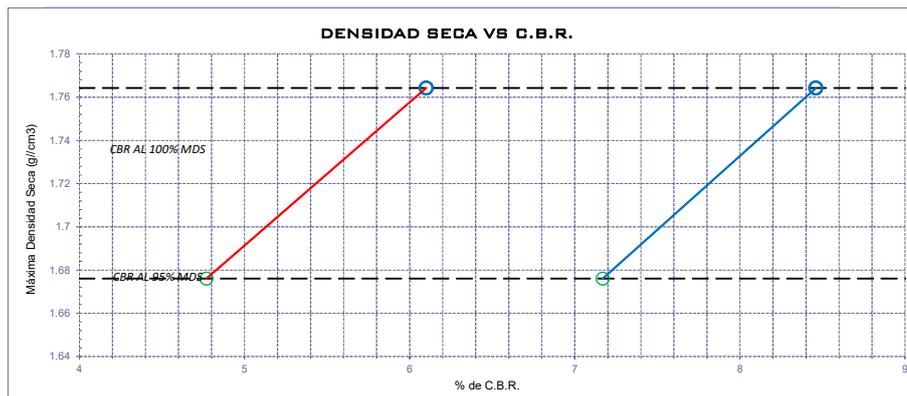
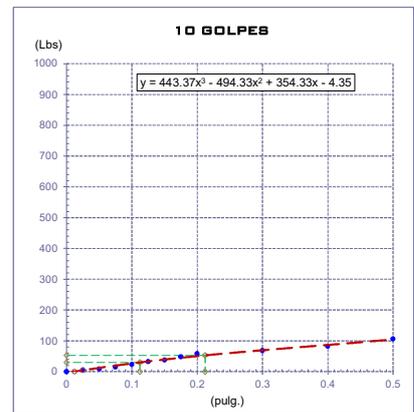
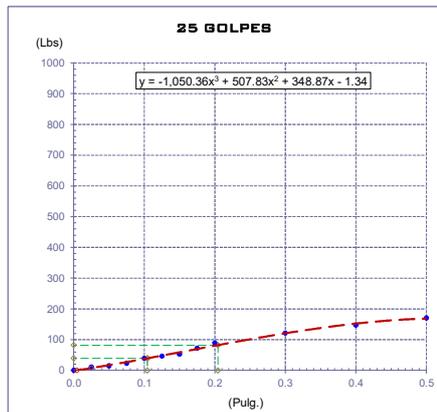
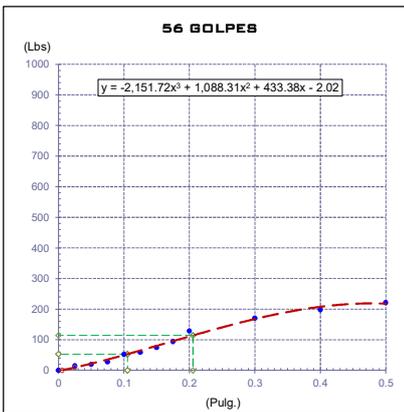
ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.64
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.83
95% MDS (g/cm3)	1.74

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.25
CBR al 95% de MDS (%)	7.23
CBR al 100%: 0.2"	16.00
CBR al 95% de MDS (%)	8.02



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma


CORPORACION INCELL
JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma


ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 161037



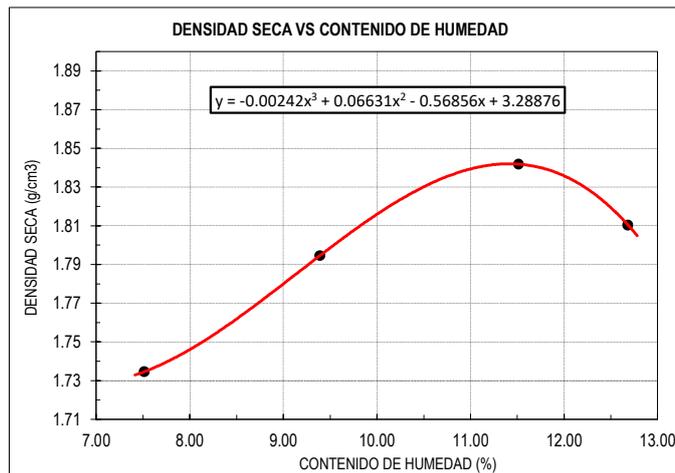
CERTIFICADO DE ENSAYO:
PROCTOR MODIFICADO

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-----------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	5968	6060	6145	6132
Peso del envase + suelo humedo	g	233	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.865	1.963	2.054	2.040
Peso del agua	g	13.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.5	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.73	1.79	1.84	1.81



RESULTADOS

M.D.S (g/cm³)

1.96

O.C.H (%)

10.36

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:



JÓRGE M. LLICANUJACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma



ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN : 40% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	--

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1		2		3	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.20		15.1		15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60		11.66		11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067		8072		8159	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56		25		10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		27.76		27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21		2088.26		2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686

EXPANSION

MOLDE		1				2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)		DIAL (mm)	Expansión (mm) (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%

PENETRACION

MOLDE		CARGA ESTANDAR	1					2					3				
PENETRACION			CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:



CORPORACION
INCELL
JORGE M. LLICANUACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma:



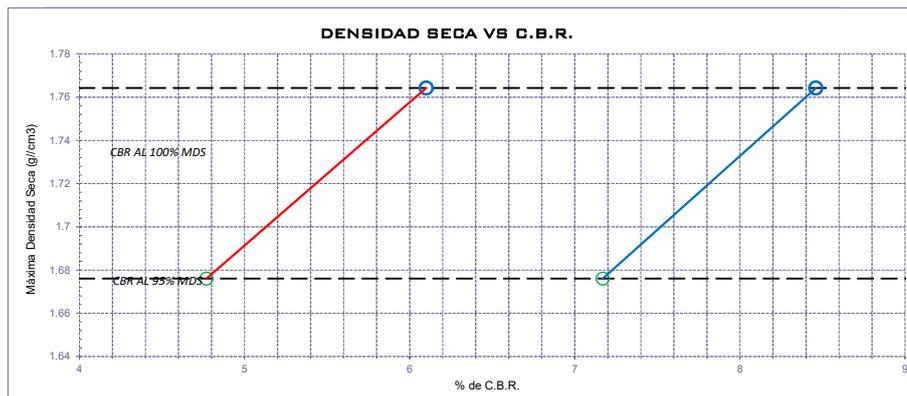
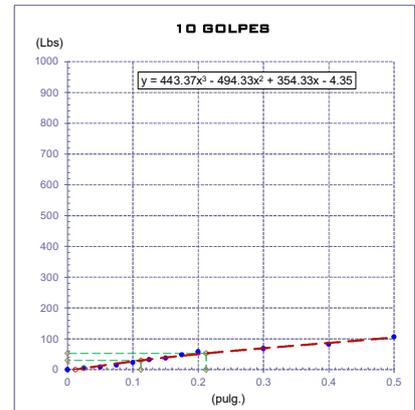
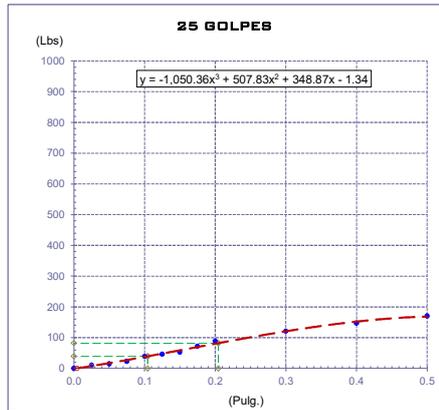
ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
TESISTA:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	PROCEDENCIA	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.36
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.96
95% MDS (g/cm3)	1.86

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	11.45
CBR al 95% de MDS (%)	9.52
CBR al 100%: 0.2"	16.71
CBR al 95% de MDS (%)	9.25



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

:Nombre y firma



**CORPORACION
INCELL**
JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

:Nombre y firma



ROBERTO ENRIQUE CHAMBERGO MONTEJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 161037

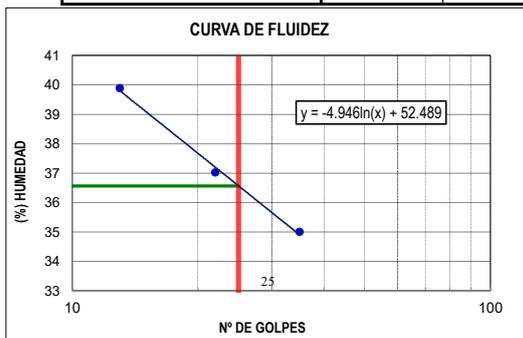
CERTIFICADO DE ENSAYO:
CONTENIDO DE HUMEDAD - LIMITE LÍQUIDO - LIMITE PLÁSTICO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREADO POR:	J.M.LL.J
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LL.J
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP:339.127 NTP 339.129
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	822
TARRO + SUELO SECO	672
PESO DEL AGUA	150
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	672
PORCENTAJE DE HUMEDAD	22.32%

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	LP-19	LP-20	LP-21	LP-06	LP-05	PROM.
Nº TARRO						
Nº DE GOLPES	35	22	13	-	-	-
TARRO+SUELO HUMEDO	40.20	45.20	42.90	30.00	30.70	30.35
TARRO+SUELO SECO	37.12	40.55	38.66	29.77	30.22	30.00
AGUA	3.08	4.65	4.24	0.23	0.48	0.36
PESO DEL TARRO	28.32	27.99	28.03	27.76	27.90	27.83
PESO DEL SUELO SECO	8.80	12.56	10.63	2.01	2.32	2.17
% DE HUMEDAD	35.00	37.02	39.89	11.44	20.69	16.07



SUELO NO PLÁSTICO	NO
-------------------	----

RESULTADOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(LL)	37
LÍMITE PLÁSTICO	(LP)	16
INDICE PLASTICIDAD	(IP)	21

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO:

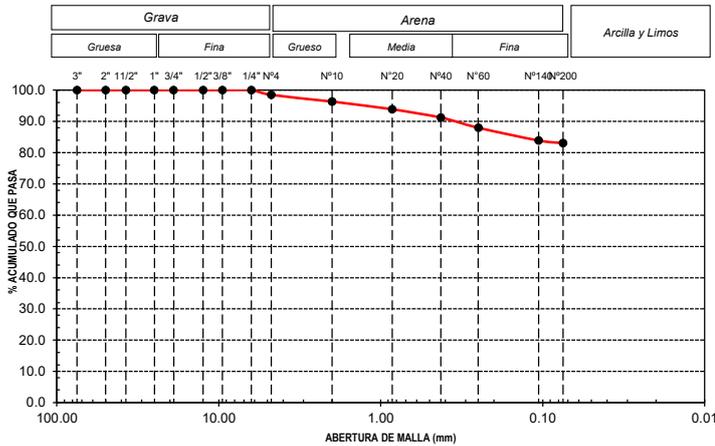
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ Nº 200 - CLASIFICACIÓN DEL SUELO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.128 NTP 339.132 NTP 339.134 NTP 339.135
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
----------	-----	-------	-----	------------	-----------------

DATOS DE LA MUESTRA	TAMICES	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO MUESTRA FINA	PESO RETENIDO FRACCION FINA	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA		
								(Pul)	(mm)
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (gr.):	376.00								
PESO FRACCION GRUESA SECA NATURAL (gr.):	0.00	3"	75.000	0.00		0.00	100.00		
PESO FRACCION GRUESA LAVADA (gr.):	5.67	2"	50.000	0.00		0.00	100.00		
		1 1/2"	37.500	0.00		0.00	100.00		
PESO FRACCIÓN FINA (gr.):	370.33	1"	25.000	0.00		0.00	100.00		
		3/4"	19.000	0.00		0.00	100.00		
MUESTRA DE FRACCIÓN FINA (gr.):	376.00	1/2"	12.500	0.00		0.00	100.00		
		3/8"	9.500	0.00		0.00	100.00		
RELACION FRACCION FINA/MUESTRA (gr.):	0.98	1/4"	6.300	0.00		0.00	100.00		
		Nº4	4.750	5.67		1.51	1.51	98.49	
PESO SUELO LAVADO (gr.):	57.96	Nº10	2.000	8.23	8.11	2.16	3.66	96.34	
		Nº20	0.850	0.00	9.45	9.31	2.48	6.14	93.86
		N40	0.425	0.00	10.10	9.95	2.65	8.78	91.22
		Nº60	0.250	0.00	12.45	12.26	3.26	12.05	87.95
		Nº140	0.106	0.00	15.50	15.27	4.06	16.11	83.89
		Nº200	0.075	0.00	3.12	3.07	0.82	16.92	83.08
		< Nº 200 FONDO		370.33	317.15	312.37	83.08	100.00	0.00

CURVA GRANULOMETRICA



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

MATERIAL PASANTE MALLA Nº200:	83.08%
MATERIAL PASANTE MALLA Nº4:	98.49%
MÓDULO DE FINEZA:	0.48
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:	0.2
COEFICIENTE DE CURVATURA:	1.4

CLASIFICACIÓN SUCS: CL

DESCRIPCIÓN DEL SUELO SUCS:

Arcilla de baja plasticidad con arena

CLASIFICACIÓN AASHTO: A-6 (13)

DESCRIPCIÓN DEL SUELO AASHTO:
MALO

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:

INCELL
CORPORACIÓN
JORGE M. LLICANUACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES, SULFATOS Y CLORUROS

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
CONSULTOR:	-	NORMATIVA:	NTP 339.152
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		NTP 339.177 NTP 339.178
FECHA DE ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-3	CAPA: M-1	UBICACIÓN: 0.10 m - 1.60 m
---------------------	------------------	-----------------------------------

SALES SOLUBLES

1	Muestra		A	B	PROM.
2	Peso de muestra	g	50	50	-
3	Volumen de agua destilada	ml	250	250	-
4	Número de beaker	-	-	-	-
5	Peso de beaker	g	27.78	27.10	-
6	Peso de beaker + residuo de sales	g	27.88	27.22	-
7	Volumen de solución evaluado	ml	50	50	-
8	Relación: mezcla suelo - agua destilada	-	5.00	5.00	-
9	Residuo de sales	g	0.10	0.12	-
10	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	10000	12000	11000
11	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	1.00%	1.20%	1.10%

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:  DIRECCIÓN INCE JÓRGE M. LLICANLACINTO LABORATORISTA

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

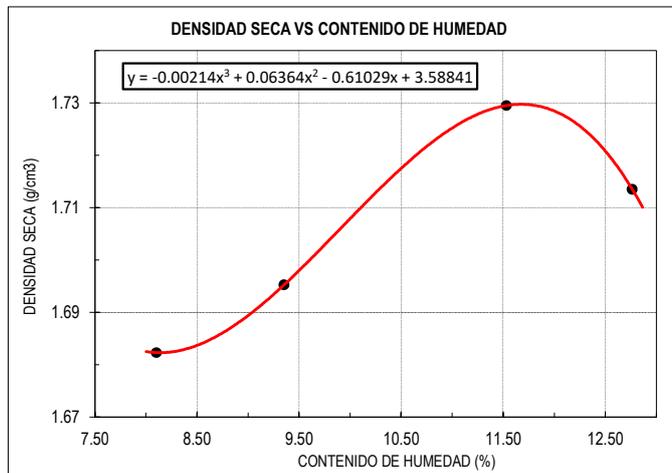
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	-----------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6020	6086	6169	6138
Peso del envase + suelo humedo	g	237	252	234	269
Peso del envase + suelo seco	g	219	233	218	246
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.920	1.991	2.080	2.046
Peso del agua	g	18.0	19.0	16.0	23.0
Peso de suelo seco	g	172	186	172	201
Contenido de humedad	%	8.1	9.4	11.5	12.8
Densidad seca	g/cm ³	1.68	1.70	1.73	1.71



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.73
O.C.H (%)
11.19

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	0.10 m - 1.60 m
----------	-----	-------	-----	------------	-----------------

1. Datos:									
1.1 N° de molde	-	1			2			3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20			15.1			15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60			11.66			11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067			8072			8159	
1.5 N° de capas	-	5			5			5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56			25			10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada		
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12120	12145	11918	12031	11673	11758		
2. Cálculo de contenido de humedad:									
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05		
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00		
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	345.00	281.00	323.00	313.00	418.00	327.00		
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	326.00	235.00	294.00	281.00	386.00	317.00		
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	19.00	46.00	29.00	32.00	32.00	10.00		
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	280.00	189.00	247.00	234.00	342.00	273.00		
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	11.04	11.15	10.27	10.57	8.15	8.74		
3. Resultados:									
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13			27.76			27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21			2088.26			2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4053	4078	3846	3959	3514	3599		
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.925	1.937	1.842	1.896	1.694	1.735		
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.704	1.721	1.670	1.703	1.559	1.643		

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)		Expansión (%)		DIAL (mm)		Expansión (%)		DIAL (mm)		Expansión (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-	
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.055	0.055	0.047%	0.047	0.047	0.040%	0.037	0.037	0.032%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.058	0.058	0.050%	0.048	0.048	0.041%	0.040	0.040	0.035%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.060	0.060	0.052%	0.049	0.049	0.042%	0.042	0.042	0.036%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma
INCELL CORPORACIÓN JORGE M. LLICAN UACINTO LABORATORISTA

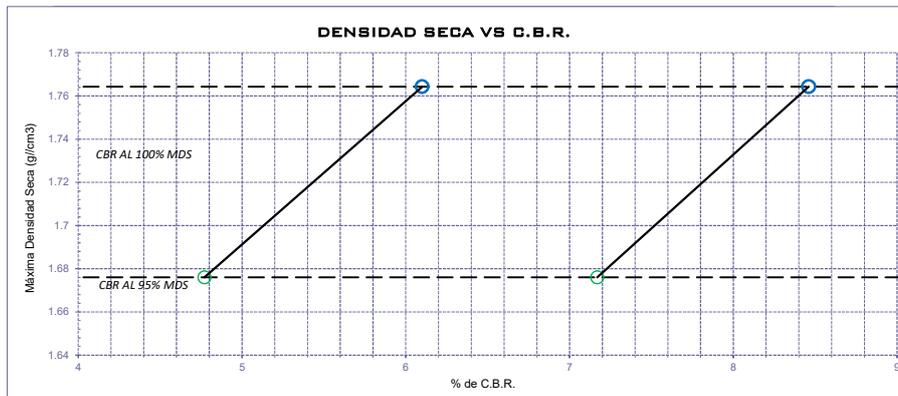
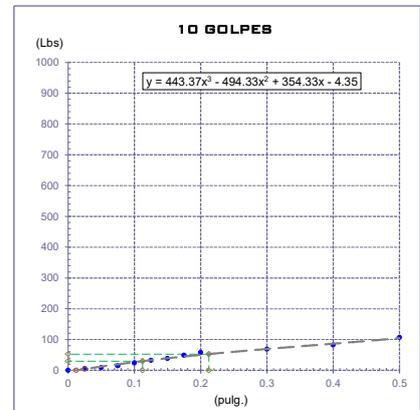
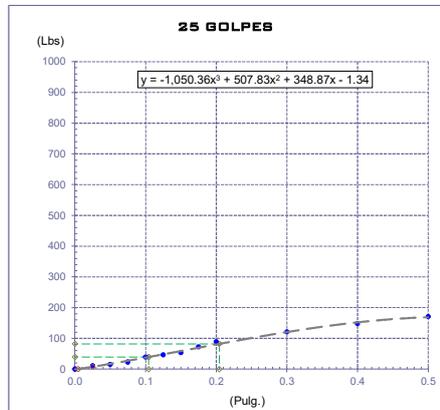
ESPECIALISTA
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	0.10 m - 1.60 m
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.19
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.73
95% MDS (g/cm3)	1.64

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	4.92
CBR al 95% de MDS (%)	3.43
CBR al 100%: 0.2"	9.26
CBR al 95% de MDS (%)	5.75



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma: <div style="text-align: center;"> CURTACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA </div>

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

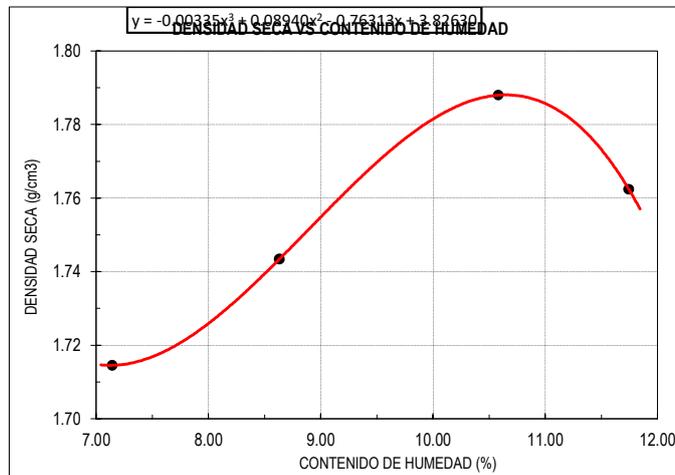
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6030	6080	6178	6153
Peso del envase + suelo humedo	g	239	248	236	277
Peso del envase + suelo seco	g	219	237	220	247
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.931	1.985	2.089	2.062
Peso del agua	g	20.0	11.0	16.0	30.0
Peso de suelo seco	g	172	190	174	202
Contenido de humedad	%	7.1	8.6	10.6	11.7
Densidad seca	g/cm ³	1.71	1.74	1.79	1.76



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.79
O.C.H (%)
10.40

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	20% DE RESIDUO CALCAREO
----------	-----	-------	-----	----------	-------------------------

1. Datos:									
1.1 N° de molde	-	1			2			3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20			15.1			15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60			11.66			11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067			8072			8159	
1.5 N° de capas	-	5			5			5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56			25			10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada		
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870		
2. Cálculo de contenido de humedad:									
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05		
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00		
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00		
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00		
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00		
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00		
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14		
3. Resultados:									
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13			27.76			27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21			2088.26			2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711		
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789		
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686		

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión				
				(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)			
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma

COORDINACIÓN INCELL JORGE M. LLICÁN JACINTO LABORATORISTA

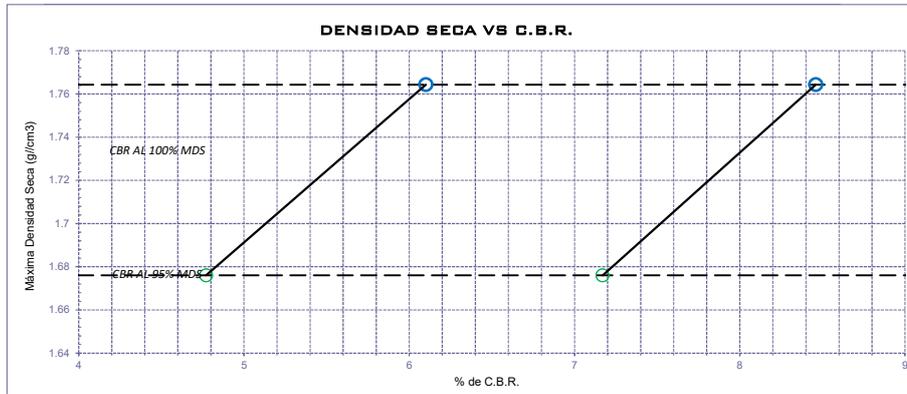
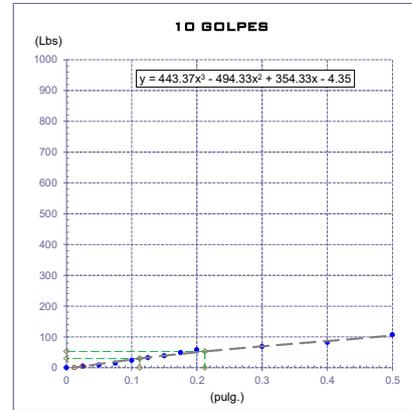
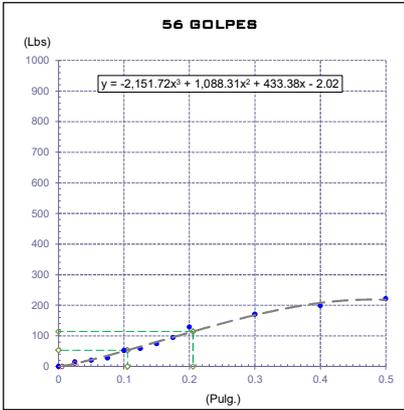
TESISTA
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	20% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.40
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.79
95% MDS (g/cm ³)	1.70

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.46
CBR al 95% de MDS (%)	5.12
CBR al 100%: 0.2"	10.47
CBR al 95% de MDS (%)	7.87



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

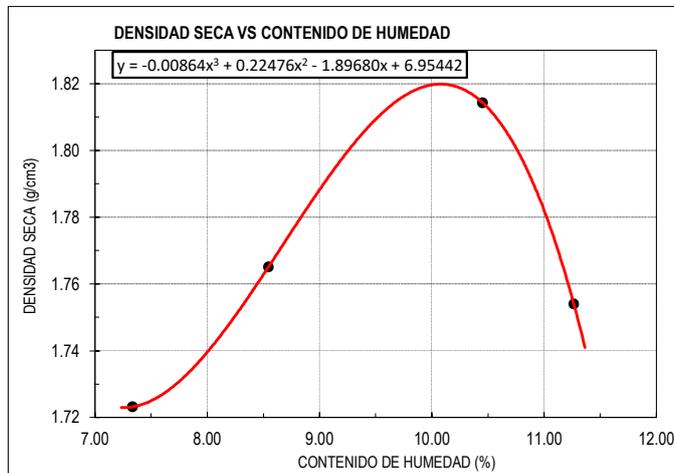
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm3	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6006	6069	6174	6144
Peso del envase + suelo humedo	g	235	248	235	271
Peso del envase + suelo seco	g	227	225	215	254
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm3	1.906	1.973	2.085	2.053
Peso del agua	g	8.0	23.0	20.0	17.0
Peso de suelo seco	g	180	178	169	209
Contenido de humedad	%	7.3	8.5	10.5	11.3
Densidad seca	g/cm3	1.72	1.77	1.81	1.75



RESULTADOS

M.D.S (g/cm3)

1.82

O.C.H (%)

10.29

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	ADICIÓN:	30% DE RESIDUO CALCAREO
----------	-----	-------	-----	----------	-------------------------

1. Datos:										
1.1 N° de molde	-	1			2			3		
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20			15.1			15.1		
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60			11.66			11.58		
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067			8072			8159		
1.5 N° de capas	-	5			5			5		
1.6 N° de golpes por capa	-	56			25			10		
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12122	12151	11933	12028	11777	11870			
2. Cálculo de contenido de humedad:										
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05			
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00			
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	339.00	282.00	319.00	303.00	412.00	338.00			
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	311.00	258.00	298.00	283.00	391.00	321.00			
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	28.00	24.00	21.00	20.00	21.00	17.00			
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	265.00	212.00	251.00	236.00	347.00	277.00			
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.57	11.32	8.37	8.47	6.05	6.14			
3. Resultados:										
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13			27.76			27.76		
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21			2088.26			2073.94		
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4055	4084	3861	3956	3618	3711			
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.926	1.940	1.849	1.894	1.745	1.789			
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.742	1.743	1.706	1.746	1.645	1.686			

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión				
				(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)			
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.048	0.048	0.041%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.056	0.056	0.048%	0.049	0.049	0.042%	0.039	0.039	0.034%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTAND AR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma
 AUTENTICACIÓN INCELL JORGE M. LLICÁN JACINTO LABORATORISTA

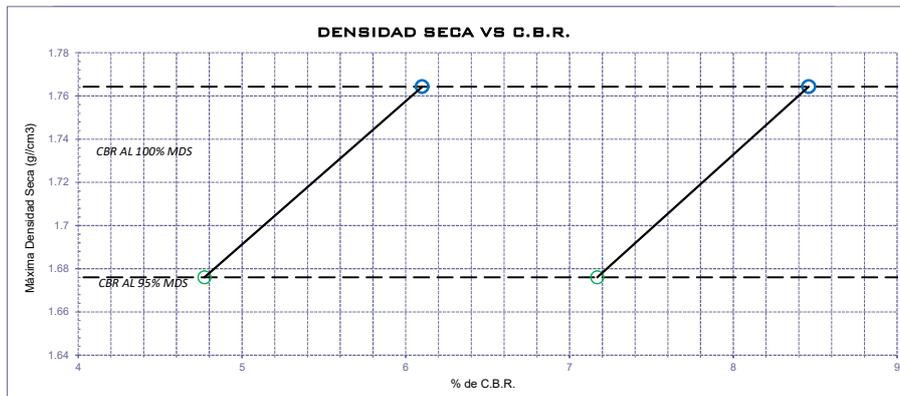
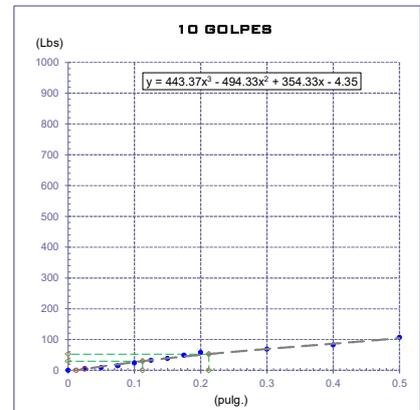
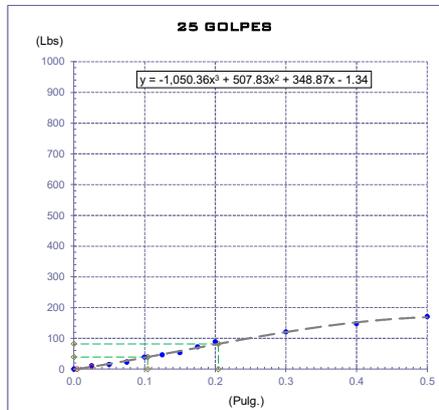
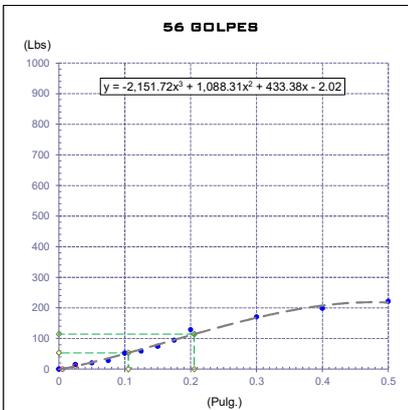
TESISTA
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	30% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.29
Máxima densidad seca (g/cm3)	1.82
95% MDS (g/cm3)	1.73

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.56
CBR al 95% de MDS (%)	5.20
CBR al 100%: 0.2"	15.40
CBR al 95% de MDS (%)	8.02



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

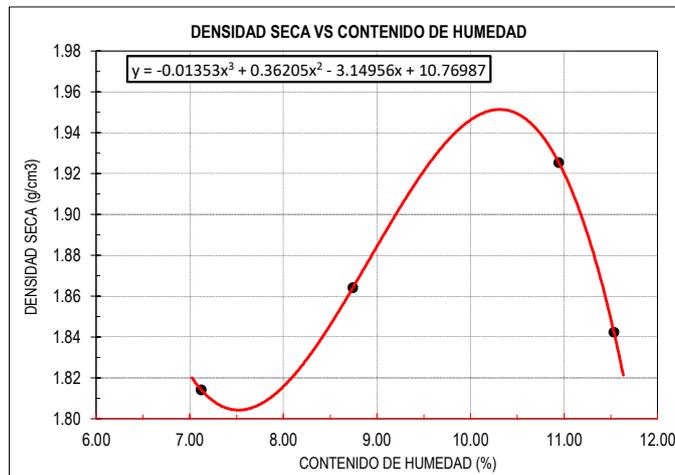
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	5992	6058	6145	6132
Peso del envase + suelo humedo	g	234	245	230	276
Peso del envase + suelo seco	g	220	228	211	250
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.891	1.961	2.054	2.040
Peso del agua	g	14.0	17.0	19.0	26.0
Peso de suelo seco	g	173	181	165	205
Contenido de humedad	%	7.1	8.7	10.9	11.5
Densidad seca	g/cm ³	1.81	1.86	1.93	1.84



RESULTADOS
M.D.S (g/cm ³)
1.93
O.C.H (%)
10.17

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

TESISTA
:Nombre y firma



CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN: 40% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	---

1. Datos:									
1.1 N° de molde	-	1			2			3	
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20			15.1			15.1	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60			11.66			11.58	
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067			8072			8159	
1.5 N° de capas	-	5			5			5	
1.6 N° de golpes por capa	-	56			25			10	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada		
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12129	12150	11931	12025	117669	11875		
2. Cálculo de contenido de humedad:									
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05		
2.2 Peso de cápsula	g	46.00	46.00	47.00	47.00	44.00	44.00		
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	342.00	289.00	325.00	314.00	415.00	335.00		
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	313.00	257.00	295.00	278.00	398.00	328.00		
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	29.00	32.00	30.00	36.00	17.00	7.00		
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	267.00	211.00	248.00	231.00	354.00	284.00		
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.01	10.13	9.58	9.99	8.46	9.15		
3. Resultados:									
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13			27.76			27.76	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21			2088.26			2073.94	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4062	4083	3859	3953	109510	3716		
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.929	1.939	1.848	1.893	52.803	1.792		
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.753	1.761	1.686	1.721	48.684	1.642		

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)		Expansión (%)		DIAL (mm)		Expansión (%)		DIAL (mm)		Expansión (%)	
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%	0.035	0.035	0.030%
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.048	0.048	0.041%	0.036	0.036	0.031%	0.036	0.036	0.031%
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.056	0.056	0.048%	0.051	0.051	0.044%	0.040	0.040	0.035%	0.040	0.040	0.035%
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.059	0.059	0.051%	0.054	0.054	0.046%	0.044	0.044	0.038%	0.044	0.044	0.038%

PENETRACION

MOLDE			1						2						3					
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA						CARGA						CARGA					
pulgadas	mm	lb/pulg2	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%			
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00					
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14					
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82					
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70					
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98			
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33					
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21					
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50					
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52			
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34					
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31					
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56					

GRUPO LLIFI E.I.R.L.

TECNICO
Nombre y firma
INCELL CORPORACIÓN JORGE M. LLICANLACINTO LABORATORISTA

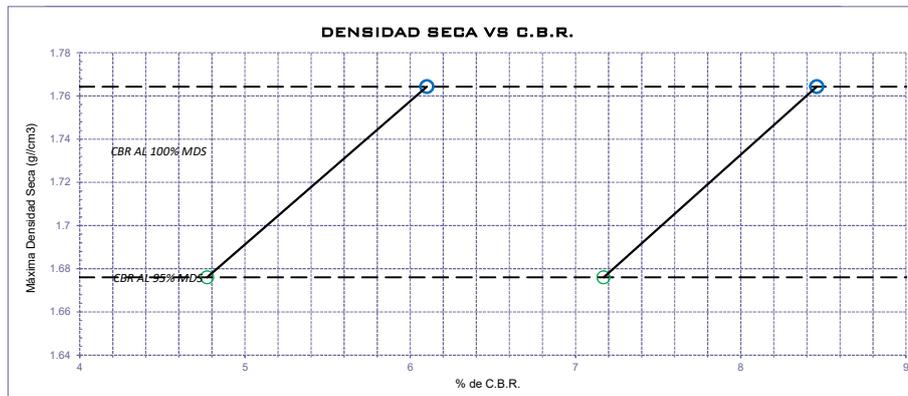
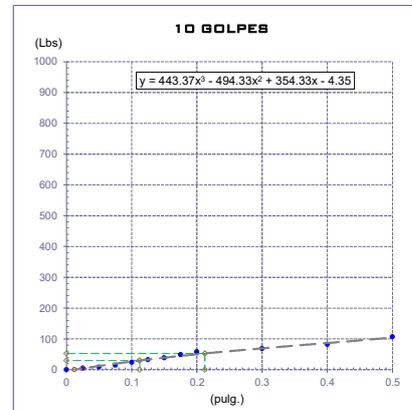
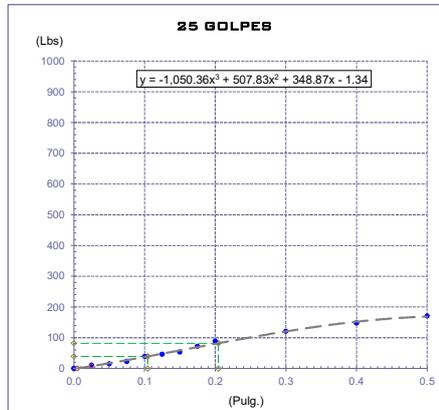
TESIST
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	40% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.17
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.93
95% MDS (g/cm ³)	1.83

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.15
CBR al 95% de MDS (%)	5.75
CBR al 100%: 0.2"	16.49
CBR al 95% de MDS (%)	9.14



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma: <div style="text-align: center;"> CORPORACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA </div>

TESISTA
Nombre y firma:

CERTIFICADO DE ENSAYO:

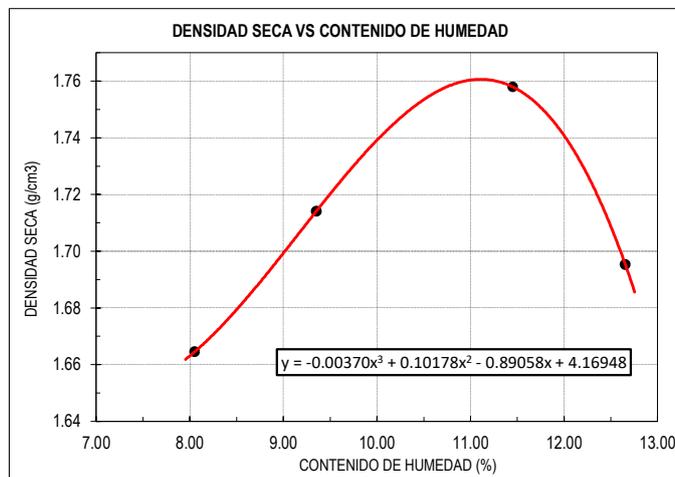
PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.141
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	CODIGO DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	UBICACIÓN:	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
-----------------	-----	--------------	-----	-------------------	---------------------------------

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	936.74	936.74	936.74	936.74
Peso de molde	g	4221	4221	4221	4221
Peso de la muestra compactada + molde	g	6032	6098	6183	6170
Peso del envase + suelo humedo	g	231	243	236	270
Peso del envase + suelo seco	g	218	224	216	246
Nº de envase	-	P-07	P-02	P-10	P-04
Peso del envase	g	47.0	47.0	46.0	45.0

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.933	2.004	2.094	2.081
Peso del agua	g	13.0	19.0	20.0	24.0
Peso de suelo seco	g	171	177	170	201
Contenido de humedad	%	8.1	9.4	11.5	12.7
Densidad seca	g/cm ³	1.66	1.71	1.76	1.70



RESULTADOS

M.D.S (g/cm³)

1.76

O.C.H (%)

10.82

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma:

ESPECIALISTA
:Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (1/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"	MUESTREADO POR:	J.M.LLJ
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	ENSAYADO POR:	J.M.LLJ
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ	NORMATIVA:	NTP 339.145
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	---
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	ADICIÓN: 50% DE RESIDUO CALCAREO
---------------------	------------------	---

1. Datos:										
1.1 N° de molde	-	1			2			3		
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20			15.1			15.1		
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11.60			11.66			11.58		
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	8067			8072			8159		
1.5 N° de capas	-	5			5			5		
1.6 N° de golpes por capa	-	56			25			10		
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	12127			12152			11940		
2. Cálculo de contenido de humedad:										
2.1 Cápsula N°	-	P-09	P-10	P-04	P-04	P-05	P-05	P-05	P-05	
2.2 Peso de cápsula	g	46.00			47.00			44.00		
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	340.00			286.00			323.00		
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	309.00			251.00			301.00		
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	31.00			35.00			22.00		
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	263.00			205.00			254.00		
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	10.55			10.78			9.66		
3. Resultados:										
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13			27.76			27.76		
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2105.21			2088.26			2073.94		
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4060			4085			3868		
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.929			1.940			1.852		
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.745			1.751			1.689		

EXPANSION

MOLDE			1				2				3			
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión		DIAL (mm)	Expansión				
				(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)			
02-Set	05:00:00 p. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-			
03-Set	05:00:00 p. m.	24	0.050	0.050	0.043%	0.045	0.045	0.039%	0.035	0.035	0.030%			
04-Set	05:00:00 p. m.	48	0.053	0.053	0.046%	0.047	0.047	0.040%	0.036	0.036	0.031%			
05-Set	05:00:00 p. m.	72	0.055	0.055	0.047%	0.050	0.050	0.043%	0.038	0.038	0.033%			
06-Set	05:00:00 p. m.	96	0.058	0.058	0.050%	0.052	0.052	0.045%	0.041	0.041	0.035%			

PENETRACION

MOLDE			1					2					3				
PENETRACION	mm	CARGA ESTANDAR lb/pulg2	CARGA					CARGA					CARGA				
			Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		29.00	63.93	21.31			15.00	33.07	11.02			7.00	15.43	5.14		
0.050	1.27		38.00	83.78	27.93			20.00	44.09	14.70			12.00	26.46	8.82		
0.075	1.91		59.00	130.07	43.36			31.00	68.34	22.78			20.00	44.09	14.70		
0.100	2.54	1000	82.00	180.78	60.26	53.25	5.33	53.00	116.84	38.95	39.41	3.94	32.00	70.55	23.52	29.83	2.98
0.125	3.18		93.00	205.03	68.34			63.00	138.89	46.30			44.00	97.00	32.33		
0.150	3.81		121.00	266.76	88.92			72.00	158.73	52.91			52.00	114.64	38.21		
0.175	4.45		167.00	368.17	122.72			98.00	216.05	72.02			66.00	145.50	48.50		
0.200	5.08	1500	210.00	462.97	154.32	114.29	7.62	121.00	266.76	88.92	82.20	5.48	79.00	174.16	58.05	52.83	3.52
0.300	7.62		290.00	639.34	213.11			165.00	363.76	121.25			93.00	205.03	68.34		
0.400	10.16		312.00	687.84	229.28			201.00	443.13	147.71			112.00	246.92	82.31		
0.500	12.70		421.00	928.15	309.38			232.00	511.47	170.49			145.00	319.67	106.56		

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma

CORPORACIÓN
INCELL
JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

ESPECIALISTA

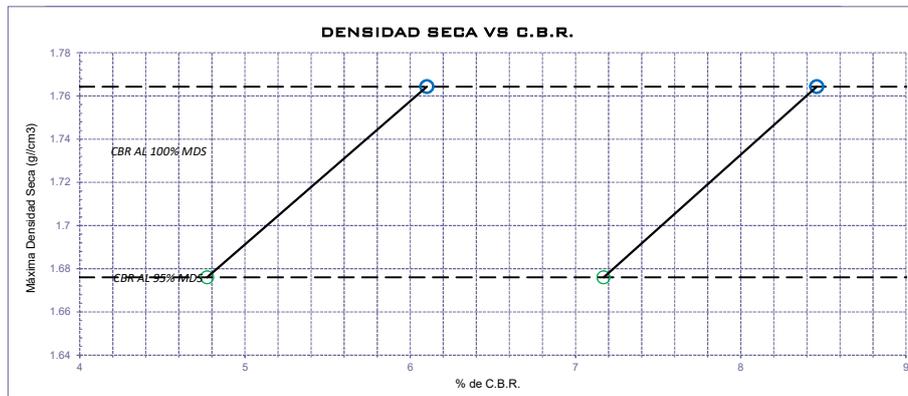
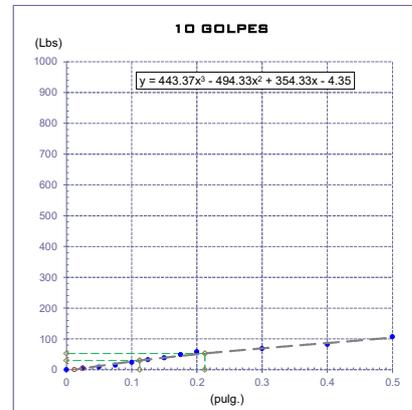
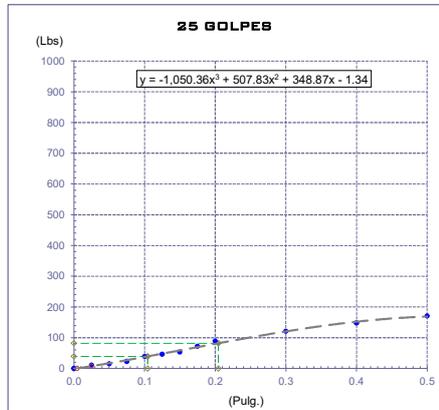
Nombre y firma

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR (2/2)

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUB RASANTE ADICIONANDO RESIDUOS CALCAREOS COSTEROS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ELIAR ALEXANDER COTRINA VASQUEZ		
CONSULTOR:	-	PROCEDENCIA	50% DE RESIDUO CALCAREO COSTERO
FECHA ENSAYO:	viernes, 2 de Setiembre de 2022	COD. DE EXPEDIENTE:	0016-2022/GLLEIRL

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	10.82
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.76
95% MDS (g/cm ³)	1.67

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.63
CBR al 95% de MDS (%)	4.93
CBR al 100%: 0.2"	15.55
CBR al 95% de MDS (%)	8.22



GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO
Nombre y firma: <div style="text-align: center;"> CORPORACIÓN INCELL JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA </div>

ESPECIALISTA
Nombre y firma:

**ANEXO 08: PLANO DE
UBICACIÓN DE
CALICATAS**

